



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

NÁSTROJOVÉ VYBAVENÍ PRO TECHNOLOGII VRTÁNÍ

TOOLS FOR DRILLING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JAKUB ROSA

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

ING. MILAN KALIVODA

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Jakub Rosa

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Nástrojové vybavení pro technologii vrtání

v anglickém jazyce:

Tools for drilling

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

1. Teorie vrtání.
2. Představení firem produkujících nástroje k vrtání.
3. Výběr nástrojů (nástroje odlévané, frézované, tvářené, vybrušované).
4. Ukázka technologie vrtání na součásti "příruba".
5. Zhodnocení, ekologie, recyklace.
6. Diskuze, závěr.

Cíle bakalářské práce:

Přehledná rešerše nástrojů pro vrtání. Výběr renomovaných firem produkujících nástroje. Praktické provedení technologického experimentu.

Seznam odborné literatury:

1. HUMÁR, Anton. Materiály pro řezné nástroje. 1. vyd. Praha: MM publishing, s. r. o., 2008. 240 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
2. FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9.
3. FREMUNT, Přemysl, Jiří KREJČÍK a Tomáš PODRÁBSKÝ. Nástrojové oceli. 1. vyd. Brno: Dům techniky Brno, 1994. 234 s.
4. ZEMČÍK, Oskar. Nástroje a přípravky pro obrábění. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2003. 193 s. ISBN 80-214-2336-6.
5. LEINVEBER, Jan, Jaroslav ŘASA a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky. 3. vyd. Praha: Scientia, s. r. o., 2000. 986 s. ISBN 80-7183-164-6.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Milan Kalivoda

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/2014.

V Brně, dne 22.11.2013

L.S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Cílem bakalářské práce je seznámení s technologií vrtání, představení firem produkujících vrtací nástroje a praktické provedení technologického experimentu vrtání. Bakalářská práce se v první části věnuje technologii vrtání a rozdělení vrtáků. V další části práce je přehled několika firem zahraničních, ale i českých, které konstruují a vyrábí vrtací nástroje. Další část práce se věnuje výběru nástrojů, se kterými je v závěru práce zhotovena ukázka vrtání do ocelového kvádra.

Klíčová slova

vrták, vrtání, nástroj, vyměnitelná břitová destička, sortiment

ABSTRACT

This Bachelor's thesis introduces drilling technology, introduces companies which developed drilling tools and production technological experiment of drilling. Bachelor thesis deals with drilling and division drills in the first part. The next part is an overview of several companies, both foreign and from Czech Republic, which designs and manufactures drilling tools. The last parts of the thesis deals with tools selection which were used in technological experiment of drilling into a steel box.

Key words

twist drill, drilling, tool, indexable insert, assortment

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ROSA, Jakub. *Nástrojové vybavení pro technologii vrtání*. Brno 2014. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 52 s. 3 přílohy. Vedoucí bakalářské práce Ing. Milan Kalivoda.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Nástrojové vybavení pro technologii vrtání** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

Jakub Rosa

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Milanu Kalivodovi z VUT Brno za cenné připomínky a rady jak k obsahové, tak formální úpravě práce.

Dále děkuji paní Věře Filipové z personálního oddělení a panu Ing. Pavlu Jobovi vedoucímu výroby ze strojírenské firmy SANBORN a.s. za pomoc při vytvoření technologického experimentu vrtání.

OBSAH

ABSTRAKT	4
PROHLÁŠENÍ.....	6
PODĚKOVÁNÍ	7
OBSAH.....	8
ÚVOD.....	10
1 TEORIE VRTÁNÍ	11
1.1 Vrtání.....	11
1.1.1 Kinematika řezného procesu.....	11
1.1.2 Základní kinematické veličiny.....	11
1.1.3 Průřez třísky.....	12
1.1.4 Řezné síly.....	13
1.1.5 Jednotkový strojní čas.....	15
1.2 Rozdělení vrtáků	16
1.2.1 Základní rozdělení vrtacích metod	16
1.2.2 Vrtací nástroje.....	16
2 FIRMY PRODUKUJÍCÍ VRTACÍ NÁSTROJE.....	24
2.1 SANDVIK Coromant AB	24
2.1.1 Rozdělení vrtáků	24
2.1.2 Charakteristika vrtacích nástrojů	24
2.2 GÜHRING, Inc.	27
2.2.1 Rozdělení vrtáků	27
2.2.2 Charakteristika vrtacích nástrojů	28
2.3 ISCAR Ltd.	29
2.3.1 Rozdělení vrtáků	30
2.3.2 Charakteristika vrtacích nástrojů	30
2.4 WNT Tools.....	32
2.4.1 Rozdělení vrtáků	32
2.4.2 Charakteristika vrtacích nástrojů	32
2.5 PRAMET Tools	34
2.5.1 Rozdělení vrtáků	34
2.5.2 Charakteristika vrtacích nástrojů	34
2.6 STIM ZET.....	36
2.6.1 Rozdělení vrtáků	36
2.6.2 Charakteristika vrtacích nástrojů	36

2.7	Další výrobci a distributoři vrtacích nástrojů	37
3	VÝBĚR NÁSTROJŮ	38
3.1	Vrták s válcovou stopkou pro těžko obrobitelné materiály společnosti Stim Zet.	38
3.2	Vrták s vyměnitelnými břitovými destičkami společnosti Pramet	39
3.3	Monolitní karbidový vrták WPC-UNI společnosti WNT	40
4	UKÁZKA TECHNOLOGIE VRTÁNÍ	41
4.1	Výběr nástrojů pro experiment.....	41
4.2	Výroba.....	41
4.3	Změření rozměrů	42
5	DISKUZE	43
	ZÁVĚR	45
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	46
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	48
	SEZNAM PŘÍLOH.....	50

ÚVOD

Vrtání patří z historického hlediska k jedné z nejstarších výrobních operací, která slouží ke zvětšení nebo zhotovení děr v obrobku. Historie prvních nástrojů sloužících k vrtání sahá do doby několika tisíc let před naším letopočtem. Již v době kamenné se první otvory vyráběly kostěnou násadou a přidáním křemičitého písku, takže se jednalo spíše o vybrušování. Další historický vývoj reprezentoval tzv. lukový vrták, v době železné vznikaly první kopinaté vrtáky a postupem času se nástroje k vrtání začaly stále více podobat vrtákům užívaným dnes. Rozvojem dalších vědeckých a technických poznatků se nástroj zdokonaloval až do nynějších podob, kterých je velké množství.

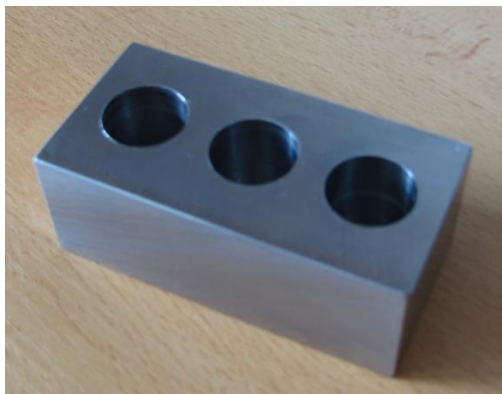
Ve strojírenské výrobě má vrtání velkým význam, žádná jiná technologie výroby otvorů nedosahuje při výrobě takových přesností a jakostí povrchů. Z hlediska kvality otvoru, je však vrtání operací nedostatečnou, to je způsobeno tím, že řezná rychlost je největší na obvodu nástroje a směrem k ose nástroje klesá a v ose je nulová. Proto se vrtání řadí k operaci hrubovací. Pro zvýšení drsnosti a přesnosti tvaru otvoru je nutno použít dalších operací, jako je např. vyhrubování nebo vystružování. Tyto operace v dnešní době však často nahrazují moderní vrtáky například s vyměnitelnými břitovými destičkami, které jsou schopné dosahovat stejných parametrů jako výhrubníky tak i výstružníky.

Proces vrtání lze přirovnat k soustružení nebo frézování, ale z hlediska úběru a odvodu třísky je to proces nejsložitější. To je dáno již zmíněnou klesající řeznou rychlostí směrem k ose nástroje a také tím, že na nástroj při procesu nevidíme a obrábění je omezeno vznikajícím otvorem. Čím je otvor hlubším tím horší a složitější je odvod třísky z místa řezu. Ke zlepšení řezných podmínek, mazání nástroje a odvodu třísky se často používá řezná kapalina.

Nejčastěji se ve strojírenské výrobě vrtaly otvory na vrtačkách se svislým vřetenem. V současnosti se vrtání přesouvá na moderní obráběcí centra a flexibilní výrobní systémy, často NC a CNC obráběcí stroje. Při výběru materiálu nástroje je proto potřeba vzít i ohled na konstrukci obráběcího stroje.

Nejdéle a nejčastěji používaným materiálem nástrojů na vrtání je rychlořezná ocel a v současnosti také slinuté karbidy, které dosahují větší životnosti a vyšší řezné rychlosti. Vyrábí se jako výměnné destičky, špičky anebo i monolitní šroubovitě vrtáky.

Tato práce představuje v první části technologii vrtání. Druhá část je zaměřena na výrobce nástrojů na vrtání a přehled jejich nástrojů, kterých je rozmanité množství. V další části práce jsou detailněji popsány tři vybrané nástroje, se kterými je proveden technologický experiment vrtání do ocelového kvádry pro porovnání tří typů vrtáků.



1 TEORIE VRTÁNÍ

Vrtání je obrábění vnitřních rotačních ploch zpravidla dvoubřitým nástrojem. Kromě vrtání zahrnuje také tento pojem další metody obrábění, mezi které patří vyhrubování, vystružování a zahlubování, nazývané též dokončovací metody. [2, 3]

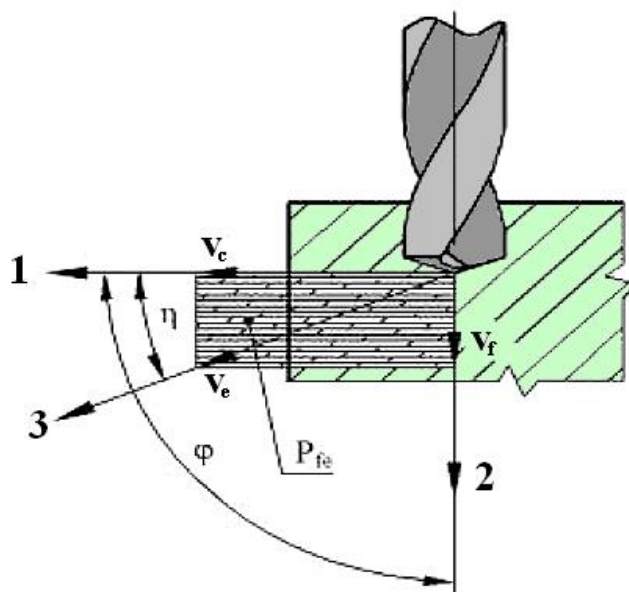
1.1 Vrtání

Vrtání je výrobní metoda, kterou se zhotovují otvory do plného materiálu nebo zvětšují již předpracované otvory (předvrtané, předlité, předlisované, předkované, atd.) pomocí nástroje s jedním nebo více břity. Hlavní řezný pohyb je rotační a vykonává ho obvykle nástroj (vrták), posuvový (vedlejší) pohyb je ve směru osy nástroje a takého obvykle vykonává nástroj.

Charakteristickou vlastností všech nástrojů na otvory je, že řezná rychlost se podél hlavního ostří, ve směru od obvodu ke středu nástroje, zmenšuje (v ose dosahuje nulovou hodnotu). Z toho plynou technologické problémy, např. příčný břit v ose vrtáku, který v podstatě třísku neodebírá, ale materiál pouze plasticky deformuje. Za řeznou rychlost se proto považuje obvodová rychlost na jmenovitém (největším) průměru nástroje (obr. 1.1). [1, 3, 4]

1.1.1 Kinematika řezného procesu

- 1 – směr hlavního pohybu
- 2 – směr posuvového pohybu
- 3 – směr řezného pohybu
- v_c – řezná rychlost
- v_f – posuvová rychlost
- v_e – rychlost řezného pohybu
- P_{fe} – pracovní boční rovina
- φ – úhel posuvového pohybu
- η – úhel řezného pohybu



Obr. 1.1 Kinematika vrtacího procesu při vrtání šroubovitým vrtákem [1]

1.1.2 Základní kinematické veličiny

- výpočet řezné rychlosti

$$v_c = \pi \cdot D \cdot n \cdot 10^{-3} [m \cdot \min^{-1}], \quad (1.1)$$

- výpočet posuvové rychlosti

$$v_f = f \cdot n [m \cdot \min^{-1}], \quad (1.2)$$

- výpočet rychlosti řezného pohybu

$$v_e = \sqrt{v_c^2 + v_f^2} [m \cdot \min^{-1}], \quad (1.3)$$

kde: D [mm] – průměr nástroje

n [\min^{-1}] – otáčky nástroje

f [mm] – posuv na otáčku [1, 3, 4, 5]

Protože vrtáky a zejména výhrubníky, výstružníky a záhlubníky jsou vždy vícebřité nástroje, lze ve všech případech definovat i hodnotu posuvu na zub f_z [3, 4]:

$$f_z = \frac{f}{z} [mm], \quad (1.4)$$

kde: z [-] počet zubů (břitů) nástroje.

1.1.3 Průřez třísky

Parametry průřezu třísky pro základní případy vrtání jsou uvedeny na obrázku (obr. 1.2), jmenovitý průřez třísky, odebíraný jedním břitem šroubovitého vrtáku, se vyjádří podle vztahu [4]:

$$A_D = B_D \cdot h_D = a_p \cdot \frac{f}{2} [\min^2], \quad (1.5)$$

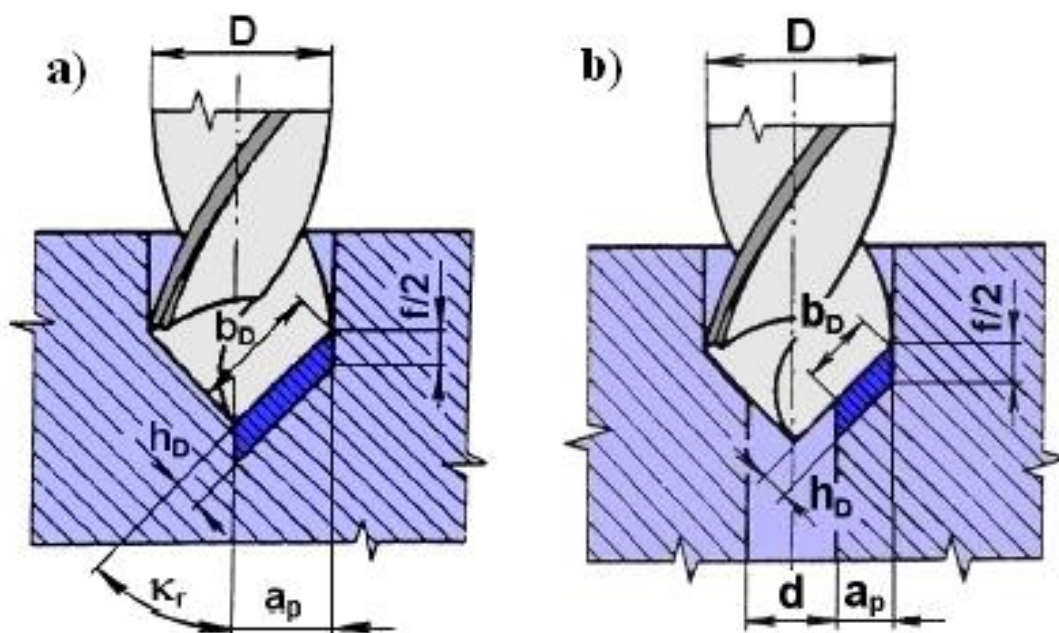
kde: A_D [\min^2] – jmenovitý průřez třísky

B_D [mm] – jmenovitá šířka třísky,

h_D [mm] – jmenovitá tloušťka třísky,

a_p [mm] – šířka záběru ostří,

f [mm] – posuv na otáčku



Obr. 1.2 Průřez třísky při vrtání dvoubřitým šroubovitým vrtákem
a) do plného materiálu, b) do předpracované díry [4]

Šířka záběru ostří šroubovitého vrtáku pro vrtání do plného materiálu je $a_p = D/2$, pro vrtání do předpracované díry $a_p = (D - d)/2$. Šířka záběru ostří ve směru posuvu $a_f = f/2$. [1, 2, 3]

Po dosazení do rovnice (1.5) má rovnice pro výpočet průřezu třísky, odebírané jedním břitem nástroje při vrtání do plného materiálu, tvar [1, 3, 4, 5]:

$$A_D = \frac{D \cdot f}{4} [mm^2], \quad (1.6)$$

a při vrtání do předpracované díry tvar:

$$A_D = \frac{(D - d) \cdot f}{4} [mm^2], \quad (1.7)$$

Při použití dvoubřitého nástroje má rovnice pro výpočet průřezu třísky, při vrtání do plného materiálu, tvar [1,4]:

$$A_D = \frac{D \cdot f}{2} [mm^2], \quad (1.8)$$

a při vrtání do předpracované díry tvar:

$$A_D = \frac{(D - d) \cdot f}{2} [mm^2], \quad (1.9)$$

Jmenovité hodnoty parametrů průřezu třísky při vrtání šroubovitým vrtákem se vyjádří pomocí následujících vztahů [1, 4, 5]:

jmenovitá tloušťka $h_D = \frac{f}{2} \cdot \sin \kappa_r [mm], \quad (1.10)$

jmenovitá šířka třísky při vrtání do plného materiálu $b_D = \frac{D}{2 \cdot \sin \kappa_r} \cdot [mm], \quad (1.11)$

jmenovitá šířka třísky při vrtání do předpracované díry $b_D = \frac{D - d}{2 \cdot \sin \kappa_r} \cdot [mm], \quad (1.12)$

1.1.4 Řezné síly

Při vrtání standardním šroubovitým nebo kopinatým vrtákem je materiál oddělován současně dvěma břity nástroje, symetricky postavenými vůči jeho ose. Výsledné síly jsou pak tvořeny součtem nebo rozdílem hodnot na obou břitech nástroje (obr. 1.3) [4, 5]:

Posuvová síla $F_f = F_{f1} + F_{f2} [N], \quad (1.13)$

Řezná síla $F_c = F_{c1} + F_{c2} [N], \quad (1.14)$

Pasivní síla $F_p = F_{p1} - F_{p2} [N], \quad (1.15)$

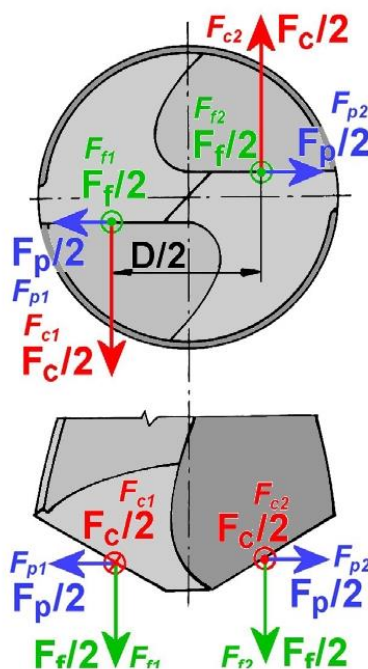
Pokud je vrták správně a přesně naostřen, jsou síly na obou břitech shodné ($\mathbf{F}_p = \mathbf{0}$) [4, 5]:

$$F_f = F_{f1} = F_{f2}/2 \text{ [N]}, \quad (1.16)$$

$$F_p = F_{p1} = F_{p2}/2 \text{ [N]}, \quad (1.17)$$

proto $F_p = 0$,

$$F_c = F_{c1} = F_{c2}/2 \text{ [N]}, \quad (1.18)$$



Obr. 1.3 Řezné síly při vrtání [4]

Pro výpočet celkových řezných sil \mathbf{F}_c a \mathbf{F}_f je možno využít následujících empirických vztahů [1, 4, 5]:

$$F_c = C_{Fc} \cdot D^{x_{Fc}} \cdot f^{y_{Fc}} \text{ [N]}, \quad (1.19)$$

$$F_f = C_{Ff} \cdot D^{x_{Ff}} \cdot f^{y_{Ff}} \text{ [N]}, \quad (1.20)$$

kde: C_{Fc}, C_{Ff} [-] konstanty vyjadřující vliv obráběného materiálu,
 x_{Fc}, x_{Ff} [-] exponenty vyjadřující vliv průměru vrtáku,
 y_{Fc}, y_{Ff} [-] exponenty vyjadřující vliv posuvu na otáčku.

Orientační hodnoty konstant a exponentů pro rovnice (1.19), (1.20) uvádí tab. 1.1.

Tab. 1.1 Hodnoty konstant a exponentů pro výpočet řezné síly \mathbf{F}_c a posuvové síly \mathbf{F}_f [1]

Obráběný materiál	C_{Fc}	x_{Fc}	y_{Fc}	C_{Ff}	x_{Ff}	y_{Ff}
Ocel $R_m = 750 \text{ MPa}$	3 650	0,90	0,78	865	1	0,72
Litina 200 HB	2 450	0,85	0,80	630	1	0,78

Krouticí moment k ose vrtáku lze určit podle vztahu [4, 5]:

$$M_k = 2 \cdot \frac{F_c}{2} \cdot \frac{D}{4} = C_M \cdot D^{x_M} \cdot f^{y_{Fc}} [N \cdot mm], \quad (1.21)$$

$$\begin{aligned} \text{kde: } C_m &= C_{Fc} / 4 \\ x_M &= x_{Fc} + 1 \end{aligned}$$

Řezný výkon při vrtání se určí ze vztahu:

$$P_c = \frac{F_c \cdot v_c}{2 \cdot 60 \cdot 10^3} = \frac{F_c \cdot v_c}{1,2 \cdot 10^5} [kW], \quad (1.22)$$

kde: v_c [m.min⁻¹] je řezná rychlost dána vztahem (1.1)

1.1.5 Jednotkový strojní čas

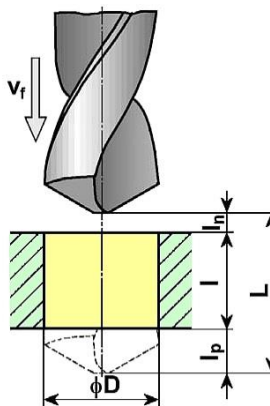
Jednotkový strojní čas při vrtání průchozí díry se vyjádří na základě obr. 1.4 pomocí vztahu [1, 4]:

$$t_{AS} = \frac{L}{v_f} = \frac{l_n + l + l_p}{n \cdot f} [\text{min}], \quad (1.23)$$

kde: l_n [mm] – náběh vrtáku,
 l [mm] – délka vrtané díry,
 l_p [mm] – přeběh vrtáku,
 v_f [mm.min⁻¹] – posuvová rychlost,
 n [min⁻¹] – otáčky vrtáku,
 f [mm] – posuv na otáčku.

Pro standardní vrtáky s úhlem špičky $2\kappa_r = 118^\circ$ bude hodnota přeběhu $l_p = 0,5D \cdot \tan 31^\circ + (0,5 \cdot 1,0) \approx 0,3D + (0,5 \cdot 1,0)$ [mm] a hodnota náběhu $l_n = (0,5 \cdot 1,0)$ [mm].

Tyto hodnoty je třeba zvolit, snažíme se volit co nejmenší (řádově milimetr, desetiny milimetru) tak, aby to vyhovovalo naší konkrétní soustavě stroj, upínač, obrobek a nástroj.



Obr. 1.4 Dráha nástroje [4]

1.2 Rozdělení vrtáků

1.2.1 Základní rozdělení vrtacích metod

Podle technologie vrtání a druhu, konstrukce a geometrie použitého vrtáku lze vrtání rozdělit na:

- navrtávání začátku díry středícím vrtákem do plného materiálu (obr. 1.5),
- vrtání krátkých děr (poměr $D/L = 1/5 \div 1/10$, kde **D** je průměr díry, **L** je délka díry) do plného materiálu; používají se vrtáky šroubovitě, kopinaté, s vyměnitelnými špičkami a s vyměnitelnými břitovými destičkami,
- vrtání krátkých děr do předpracovaných děr; používají se stejné vrtáky jako v předchozím případě, výjimečně i vrtáky dělové a hlavňové,
- vrtání hlubokých děr (poměr $D/L > 1/10$) do plného materiálu nebo předpracovaných děr; používají se vrtáky dělové, hlavňové, ejektorové, BTA, STS, u děr malých průměrů i vrtáky šroubovitě,
- vrtání průchozích děr, zejména větších průměrů, „na jádro“, tj. odřezáváním obráběného materiálu ve tvaru mezikruží jednobřitým nebo vícebřitým korunkovým (trepanačním) vrtákem
- speciální případy vrtání, např. vrtání děr v plechu (termální tvářecí vrták = hladký kuželový hrot ze slinutého karbidu, vrták do plechu pro široký rozsah průměrů, odstupňovaný vrták do plechu (obr. 1.6), vrtání odstupňovaných děr (odstupňovaný vrták), vrtání díry se současným vystružováním, závitováním, zahlubováním nebo hlazením (sdružené nástroje),
- vrtání děr v těžkoobrobitelných, kompozitních a nekovových materiálech (plastické hmoty, pryže, beton, kámen, cihly) pomocí vrtáků se speciální konstrukcí nebo geometrií. [4]



Obr. 1.5 Středící vrták [6]



Obr. 1.6 Stupňovitý vrták do plechu [6]

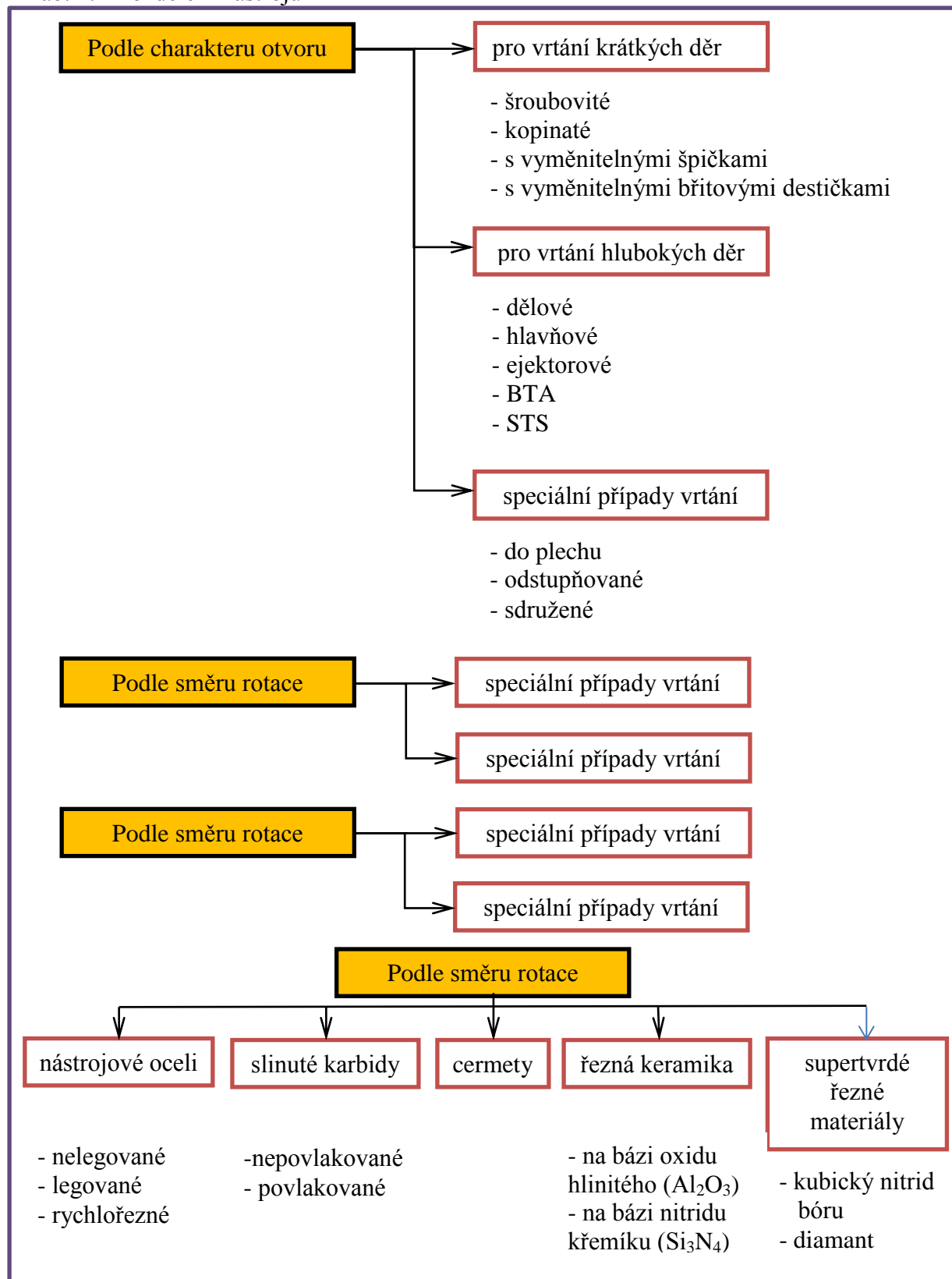
1.2.2 Vrtací nástroje

Jako vrtací nástroj lze definovat takový nástroj, který je opatřen jedním nebo několika čelně obrábějícími břity a který má jednu, nebo několik šroubovitých nebo přímých drážek pro odchod třísky. [3]

Rozdělení nástrojů

Vrtací nástroje dělíme podle různých kritérií, to znázorňuje následující schéma. (tab. 1.2)

Tab. 1.2 Rozdělení nástrojů



Šroubovité vrtáky

Šroubovité vrtáky jsou nejčastěji používané a nejrozšířenější nástroje na výrobu krátkých děr. Jedná se o válcovitý nástroj, na jehož těle jsou obvykle vytvořeny dvě protilehlé šroubovitě drážky pro odvod třísky a přívod chladicí kapaliny. Do průměru $D = 20$ mm mají válcovou stopku (obr. 1.7b), od průměru 10 až 100 mm je stopka kuželová (Morse - obr. 1.7a). Tělo vrtáku je kuželovité za účelem snížení tření (průměr D se na délce 100 mm zmenšuje o 0,02 až 0,08 mm). Průměr jádra se od špičky směrem ke stopce rovnoměrně zvětšuje o 1,4 až 2 mm na 100 mm délky, čímž se zvětšuje tuhost vrtáku. Vrták je ve vrtané díře veden fazetkou (úzká válcová ploška na vedlejším ostří). Šroubovitý vrták má dvě hlavní ostří položená symetricky k ose vrtáku, která jsou na hrotu vrtáku spojena příčným ostřím. [1, 2, 4, 7]



Obr. 1.7 Šroubovitý vrták [8] a) s kuželovou stopkou b) s válcovou stopkou s TiN povlakem

U vrtáků pro běžné použití je úhel stoupání šroubovice $\omega = 27^\circ$, pro vrtání tvrdších materiálů (bronz, mosaz, slitiny hořčiku, tvrdá pryž, bakelit, skelný laminát, tvrzený papír, umakart, novodur, silon, polystyrén, plexisklo) je $\omega = 12^\circ$ a pro vrtání materiálů s vysokou houževnatostí (např. měkké cementační oceli, slitiny hliníku bez přísady Si, termoplasty) je $\omega = 42^\circ$. Úhel špičky u běžného vrtáku dosahuje hodnotu $\varepsilon_r = 2\kappa_r = 118^\circ$. [2, 4, 7]

Šroubovité vrtáky jsou nejčastěji vyráběny z rychlořezných ocelí (RO nebo HSS), pro těžší podmínky obrábění jsou určeny vrtáky s pájenými SK břitovými destičkami a vrtáky z monolitních slinutých karbidů bez povlaků, nebo častěji s otěruvzdornými povlaky, většinou na bázi TiN (obr. 1.7b). Mohou mít šroubovitě díry pro centrální přívod řezné kapaliny (obr. 1.8), vyrábějí se i v provedení se třemi břity (obr. 1.9). [2, 4, 7, 9]



Obr. 1.8 Vrtáky CDX-Al R583 pro vrtání otvorů do hloubky $5xD$ [11]



Obr. 1.9 Vrtáky PCD, trojbřitý typ CXI pro použití v uhlíkových kompozitech [11]

Kopinaté vrtáky

Kopinaté vrtáky (obr. 1.10) mají vysokou tuhost a umožňují bez předchozího navrtávání vrtat díry o průměru 10 až 128 mm, do poměru délky k průměru $L/D=3/1$. Většina současných kopinatých vrtáků umožňuje vnitřní přívod řezné kapaliny. Kopinaté vrtáky špatně odvádějí třísku z místa řezu. Lepší odvod třísky se dá dosáhnout zvýšením tlaku řezné kapaliny. Parametry drsnosti povrchu vyvrtané díry jsou horší než po vrtání šroubovým vrtákem.

Vyměnitelné břitové destičky mají speciální tvar a mohou být vyrobeny z rychlořezných ocelí nebo slinutých karbidů (včetně povlakovaných). Obvykle mají nástrojový úhel nastavení hlavního ostří $\kappa_r=66^\circ$, pro spolehlivé dělení odebírané třísky jsou na obou jejich hlavních hřbetech vybroušeny dělicí drážky. Pro snížení tření ve vrtané díře jsou na hlavních hřbetech destiček vytvořeny fazetky. [1, 2, 4, 7, 9]



Obr. 1.10 Kopinaté vrtáky SHARK-Drill německé firmy Arno [10]

Vrtáky s vyměnitelnými špičkami

Vrtáky s vyměnitelnou špičkou jsou vyráběny ve dvou základních konstrukčních provedeních - se špičkou ve formě břitové destičky nebo hlavice (obr. 1.11). V některých případech umožňují centrální přívod řezné kapaliny přímo do místa řezu, špičky (destičky i hlavice) jsou vesměs vyráběny ze slinutých karbidů (většinou povlakovaných). Hlavice mají různou geometrii, podle obráběného materiálu a požadavků technologické operace, pro kterou jsou určeny. [4, 9]



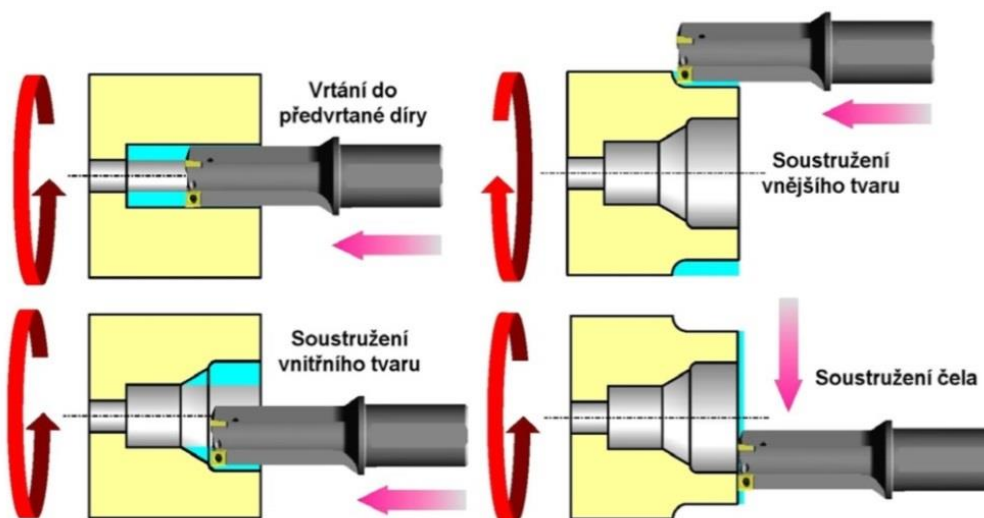
Obr. 1.11 Vysoce výkonný vrták s výměnou hlavou Hydra [11]

Vrtáky s vyměnitelnými břitovými destičkami

Vrtáky s vyměnitelnými břitovými destičkami (obr. 1.12), patří mezi velmi výkonné nástroje. Umožňují vrtat otvory i do plného materiálu (od průměru 12 mm do 100 mm) a také i způsobem vrtání „na jádro“. Vrtáky mají několik břitových destiček ze slinutých karbidů upnutých v tělese držáku (ten je vyroben z konstrukční oceli vyšší pevnosti) pomocí šroubu se zapuštěnou hlavou. U nástrojů s většími průměry jsou břitové destičky upínány do tělesa nástroje prostřednictvím výměnných kazet umožňující změnu jmenovitého průměru beze změny tělesa vrtáku. Tvary používaných břitových destiček jsou velmi rozmanité, konstruované tak, aby byly zlepšeny nepříznivé pracovní podmínky, které jsou vlastní vrtacím operacím (problémy s dělením třísky a jejím odvodem z místa řezu, tepelné a mechanické zatížení vrtáku, atd.). Odvod třísek z místa řezu je zajišťován dvěma drážkami (přímými nebo ve šroubovici). Prakticky všechny vrtáky s vyměnitelnými břitovými destičkami jsou vybaveny centrálním přívodem řezné kapaliny. Většina vrtáků s vyměnitelnými břitovými destičkami může být použita i pro soustružení vnitřních i vnějších válcových ploch a čelních rovinných ploch (obr. 1.13). [1, 3, 4, 9]



Obr. 1.12 Vrtáky s vyměnitelnými břitovými destičkami Sandvik CoroDrill® 880 [12]



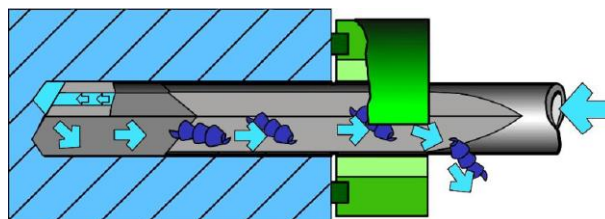
Obr. 1.13 Pracovní možnosti vrtáku s vyměnitelnými břitovými destičkami [4]

Dělové vrtáky

Dělové vrtáky (obr. 1.14) se používají pro vrtání hlubokých děr. Jejich tělo a ostří je konstruováno tak, aby vedení v díře bylo co nejlepší. Při vrtání je nutné zajistit dokonalý odvod třísek (obr. 1.15). Dělové vrtáky se používají pro menší hloubky, protože nástroj se musí vždy po vyvrtání určité hloubky vytáhnout, aby se z díry odstranily třísky (vrták má geometrii, která nezajišťuje odvod třísek.) Dělový vrták obvykle koná jen posuvný pohyb, otáčivý pohyb koná obrobek. [1, 2, 4, 9]



Obr. 1.14 Celokarbidový dělový vrták [14]



Obr. 1.15 Odvod třísky při vrtání hlavnovým vrtákem [4]

Hlavnové vrtáky

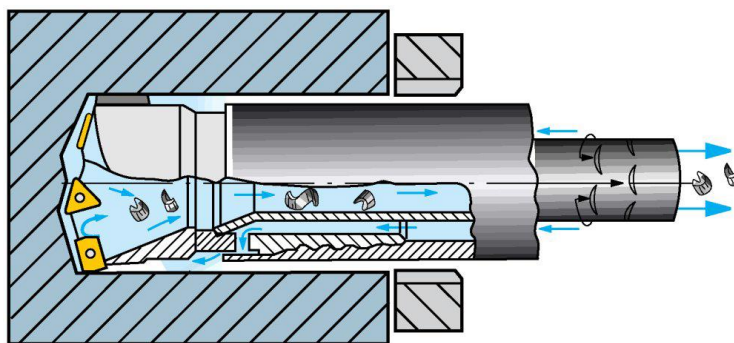
Jsou velmi podobné dělovým vrtákům, ale používají se k vrtání hlubších děr než dělové vrtáky. Řezná část nástroje je připájena na trubku nebo tyč potřebné délky. Řezná kapalina je přiváděna pod tlakem dírami v tělese vrtáku a zaručuje vyplavování vznikajících třísek. Charakteristickým znakem hlavnových vrtáků je, že mimo řezného plátku obsahují ještě dva plátky vodící. Řezné a vodící plátky mohou být vyrobeny z RO nebo SK. [1, 4, 9]

Ejektorové vrtáky

Ejektorové vrtáky tvoří hlavice (obr. 1.16), která je našroubovaná do vnější vrtací trubky. Používají se při vrtání do plna s vnitřním přívodem chladícího maziva a vnitřním odvodem třísek s kapalinou. Kapalina je vháněna mezi vnější a vnitřní trubkou a pod tlakem k vrtací korunce. Malé množství řezné kapaliny, odcházející štěrbinami v zadní části vnitřní trubky, způsobuje ejektorový efekt (nasávání kapaliny směrem od břitů vrtáků a strhávání vznikajících třísek – obr. 1.17). Pomocí ejektorových vrtáků lze vrtat díry o průměru 20 až 60 mm, v délce až 100 x D (horizontálně) nebo 50 x D (vertikálně). Tento systém může být aplikován na konvenčních obráběcích strojích, NC nebo CNC soustruzích, i na obráběcích centrech. [1, 4, 7]



Obr. 1.16 Ejektorová hlavice firmy BOTEK [13]



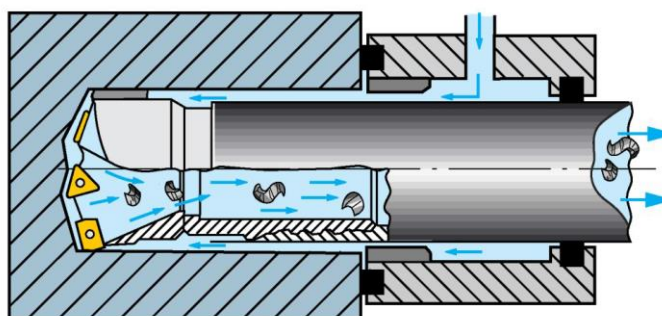
Obr. 1.17 Princip ejektorového vrtání [4]

BTA nebo STS vrtáky

BTA nebo STS vrtáky (obr. 1.18) umožňují vrtat do plného materiálu, „na jádro“ nebo zvětšovat předvrtanou díru. Patří také mezi nejproduktivnější vrtání hlubokých děr. Lze je použít i pro větší rozsahy než vrtáky ejektorové. Vrtací hlavice do plného materiálu jsou vyráběny až do průměru 180 mm, vrtací hlavice pro vrtání „na jádro“ v rozsahu průměrů od 120 do 300 mm. Řezná kapalina je přiváděna mezerou mezi trubicí vrtáku a vyvrtanou stěnou a spolu se vznikající třískou je odváděna středem trubky (obr. 1.19). Proto musí být tlaková hlava pro přívod řezné kapaliny utěsněna z obou stran. [1, 4, 7]



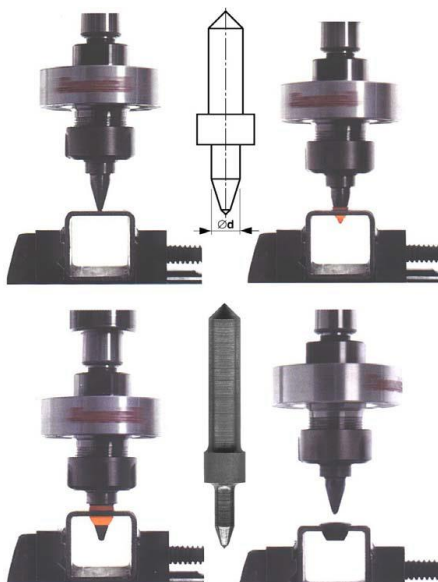
Obr. 1.18 STS vrtací hlavice CoroDrill® 818 a CoroDrill® 801 [12]



Obr. 1.19 Princip funkce BTA a STS vrtáku [4]

Vrtáky do plechu

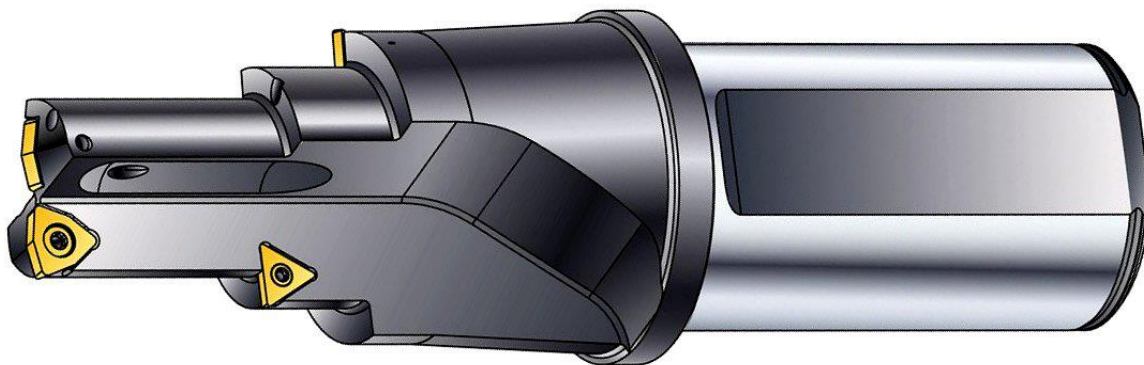
Pro vrtání otvorů do plechu se používají různé vrtáky např. termální tvářecí vrtáky (obr. 1.20) tj. hladký kuželový hrot ze slinutého karbidu, dále kuželové vrtáky nebo vrtáky odstupňované. [4]



Obr. 1.20 Termální vrtání díry v tenkostěnném ocelovém profilu [4]

Sdružené nástroje

Sdružené nástroje (obr. 1.21) jsou uzpůsobeny pro vrtání osazených děr, zahloubení, předvrtání díry pro závit a řezání závitu apod. Používají se v sériové a hromadné výrobě k dosažení časové úspory. [4, 9]



Obr. 1.21 Sdružený nástroj firmy Sandvik Coromant pro vrtání a dvojité zahlubování [4]

2 FIRMY PRODUKUJÍCÍ VRTACÍ NÁSTROJE

V současné době existuje mnoho firem, které vyrábí a produkují vrtací nástroje, různých druhů pro vrtání do kovů i do dalších materiálů. Následující část práce uvádí několik firem světové distribuce i naše české firmy, které dobře konkurují i těm světovým.

2.1 SANDVIK Coromant AB

Sandvik Coromant AB je švédská strojírenská společnost, která patří k jedněm z nejvýznamnějších a největších světových výrobců a dodavatelů nástrojů nejen pro kovozpracující průmysl. Tato firma nabízí různé druhy nástrojů pro soustružení, frézování, vrtání, vyvrtávání, vystružování a řezání závitů. Společnost Sandvik Coromant používá ve svých nástrojích výměnné břitové destičky pro všechny typy svých nástrojů i například monolitní karbidové vrtáky. [12]

2.1.1 Rozdělení vrtáků

Společnost Sandvik Coromant má nástroje na vrtání rozdělené do těchto skupin:

- vrtáky pro vrtání hlubokých děr,
- dělové vrtáky,
- vrtáky s výměnnými vrtacími hlavicemi,
- vrtáky s vyměnitelnými břitovými destičkami,
- monolitní karbidové vrtáky,
- mrtáky pro vrtání kompozitů.

2.1.2 Charakteristika vrtacích nástrojů

Vrtáky pro vrtání hlubokých děr

Pro vrtání hlubokých děr společnost Sandvik Coromant nabízí systémy vrtacích hlavic CoroDrill[®] 800, CoroDrill[®] 801, CoroDrill[®] 818 (obr. 2.1) a různá typy dělových vrtáků.

Vrtací hlavice společnosti Sandvik Coromant patří k vysoce výkonným nástrojům, které mohou být použity pro vrtání otvorů do kvalitních materiálů, jako jsou korozivzdorné a žáruvzdorné oceli. K výhodám těchto vrtáků patří velká přesnost a vysoká kvalita obrobené plochy. Vrtací hlavice bývají snadno stavitelné a využívají se například v leteckém a automobilovém průmyslu. Některé hlavice mohou být použity jak pro STS, tak i pro ejektorové vrtání. [12]



Obr. 2.1 Vrtací hlavice společnosti Sandvik Coromant, V pořadí CoroDrill[®] 800, CoroDrill[®] 801, CoroDrill[®] 818 [12]

Dělové vrtáky

Dělové vrtáky (obr. 2.2) z nabídky Sandvik Coromant, umožňují jednoduché použití a nevyžadují přednastavení. V závislosti na aplikaci nabízí několik různých typů dělových vrtáků, které umožňují splnění všech požadavků zákazníka na obrábění.

CoroDrill® 428.2 – dvoubřité dělové vrtáky

CoroDrill® 428.5 – jednobřité monolitní karbidové vrtáky

CoroDrill® 428.7 – dělové vrtáky pro vysoké rychlosti posuvu

CoroDrill® 428.9 – jednobřitý dělový vrták

CoroDrill® A428.91 – jednobřitý dělový vrták s pájenými karbidovými hlavami [12]



Obr. 2.2 Dělové vrtáky společnosti Sandvik Coromant [12]

Vrtáky s výměnnými vrtacími hlavicemi (špičkami)

Vrták s výměnnými vrtacími hlavicemi (obr. 2.3) CoroDrill® 870 je určen pro výrobu děr se středním stupněm přesnosti IT9 – IT10 a umožňuje úsporu času a snížení nákladů na vyrobenou díru. Tyto vrtáky, patří k velmi produktivním vrtákům s rychlou a snadnou výměnou vrtací hlavice dobrým vedením vrtáku v otvoru a dobrým odvodem třísky z místa řezu. [12]



Obr. 2.3 Vrtáky s výměnnými špičkami společnosti Sandvik Coromant [12]

Vrtáky s vyměnitelnými břitovými destičkami

Vrtáky s vyměnitelnými břitovými destičkami (obr. 2.4) mají velmi vysoké pevnosti těla vrtáků a dosahují velmi kvalitních povrchů a umožňují provádění náročných operací jako je vrtání do zakřivených nebo skloněných povrchů. Jinak se hodí i pro běžné způsoby vrtání s vysokou produktivitou. Tyto vrtáky se taky vyznačují dlouhou životností oproti klasickým vrtákům z nástrojové oceli. Také umožňují používat vysoké řezné rychlosti při obrábění. Vrtáky s výměnnými břitovými destičkami společnosti Sandvik Coromant jsou: CoroDrill[®] 880, CoroDrill[®] 881, Coromant U, T-max U. [12]



Obr. 2.4 Vrtáky s výměnnými břitovými destičkami společnosti Sandvik Coromant [12]

Monolitní karbidové vrtáky

Monolitní karbidové vrtáky (obr. 2.5) jsou velmi efektivní nástroje s velikou výdrží. Oproti vrtákům z rychlořezné oceli mají větší trvanlivost a umožňují vyšší řezné rychlosti při stejných posuvech než vrtáky z HSS oceli. Společnost Sandvik Coromant používá běžnou koncepci šroubovitého vrtáku, ale snaží se ji přepracovávat a vylepšovat. Většina vrtáků má i vnitřní výplach řezné kapaliny. Monolitní karbidové vrtáky společnosti Sandvik Coromant jsou:

CoroDrill[®] 460 – univerzální vysoce výkonné vrtáky

CoroDrill[®] 860 – vrtáky pro vrtání žáruvzdorné oceli a slitiny hliníku

CoroDrill[®] 861 – monolitní vrtáky pro vrtání hlubokých děr

CoroDrill[®] R840 – vrtáky pro velmi produktivní výrobu otvorů

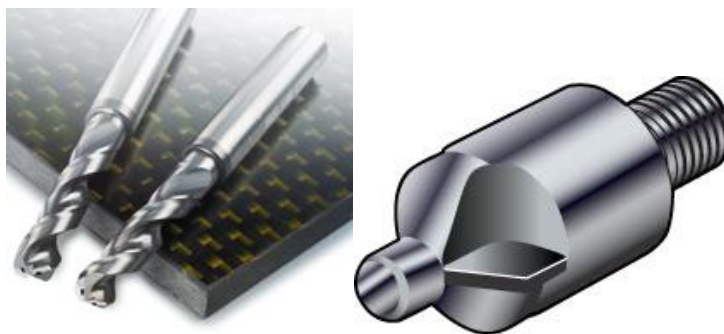
CoroDrill[®] R846 – vrtáky pro žáruvzdorné slitiny [12]



Obr. 2.5 Monolitní karbidové vrtáky společnosti Sandvik Coromant [12]

Vrtáky pro vrtání kompozitů

Vrtání do kompozitních materiálů je složitá operace, protože při vrtání může docházet k třepení a delaminaci materiálu, proto společnost Sandvik Coromant navrhla speciální nástroje pro tyto materiály (obr. 2.6), které se používají například v letectví apod. Jedná se o vrtáky CoroDrill[®] 854, CoroDrill[®] 855, CoroDrill[®] 856 a skupina nástrojů (vrtáky, záhlubníky,...) systému CoroDrill[®] 452. [12]



Obr. 2.6 Vrtáky pro vrtání kompozitů společnosti Sandvik Coromant [12]

2.2 GÜHRING, Inc.

Německá společnost Gühring je jedním z nejvýznamnějších výrobců rotačních obráběcích nástrojů na světě. Aktuální program produktů zahrnuje více než 1620 různých typů nástrojů ve více než 44 000 různých provedeních. Společnost Gühring se specializuje na výrobu monolitních vrtáků z rychlořezných ocelí a karbidů, výjimkou jsou vrtáky s výměnnou špičkou. Tato společnost také jako jedna z prvních začala využívat různých povlaků nástrojů, aby dosáhla lepších podmínek a delší životnosti. Její sortiment tvoří nástroje pro frézování, řezání závitů, vrtání, vystružování a zahlubování. [14]

2.2.1 Rozdělení vrtáků

Základní rozdělení nástrojů vrtacích nástrojů je podle materiálů na nástroje ze **slinutých karbidů** a z **nástrojové oceli**. Jak vrtáky z karbidů, tak z rychlořezné oceli mohou být i s různými povlaky. Společnost Gühring pak vyrábí tyto typy vrtáků:

- Šroubovitě vrtáky s válcovou stopkou
 - extra krátké,
 - krátké,
 - dlouhé (dělí se dle palcové nebo metrické stupnice),
 - delší,
 - extra dlouhé,
- Šroubovitě vrtáky s Morse kuželem
 - krátké,
 - běžných rozměrů,
 - delší,
 - extra dlouhé,

- Ratio vrtáky
 - s chladicím kanálkem,
 - bez chladicího kanálku,
 - tříbřité vrtáky. [15]

2.2.2 Charakteristika vrtacích nástrojů

Vrtáky ze slinutých karbidů

Vrtáky z karbidů (obr. 2.7) umožňují používat vyšší řezné rychlosti, mají delší životnost a menší opotřebení. To se příznivě projevuje na kvalitě obrobených povrchů. Společnost Gühring si karbidy vyrábí sama ve svých závodech na rozdíl od jiných výrobců nástrojů. Typy systémů karbidových vrtáků, které společnost nabízí:

Systém RT 100 – patří k nejrozšířenějším karbidovým vrtákům s chladicími kanálky

Systém RT 100T – speciální podskupina pro hluboké otvory

Systém EB80/100 – dělové vrtáky

Systém GS 200 – tříbřité vrtáky

Systém RT 150 GG – vrtáky s přímými břity

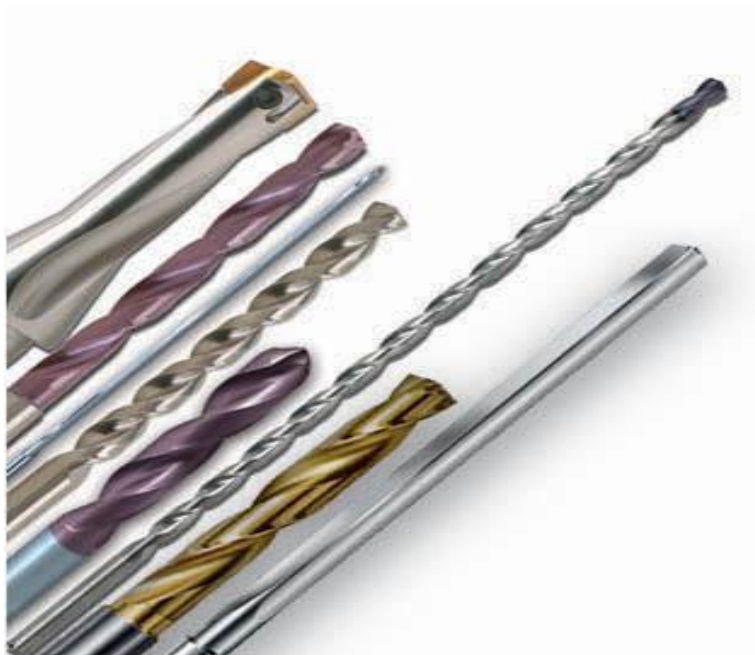
Systém HT/RT 800 – vrtáky s výměnnými špičkami

Micro drills – speciální vrtáky velmi malých průměrů

Systémy typu N – vrtáky se standartní šroubovicí

Systém GT 100 – vrtáky s parabolickou šroubovicí

Systémy NS Spot – navrtávací vrtáky [15]



Obr. 2.7 Vrtáky ze slinutých karbidů společnosti Gühring [15]

Nástroje z rychlořezné oceli

Vrtáky z rychlořezných ocelí (obr. 2.8) od společnosti Gühring jsou vyvinuty dle různých požadavků a parametrů. Mají různé typy šroubovic s různými velikostmi stoupání. Nástroje jsou také povlakovány různými typy povlaků například různé slitiny titanu, nitridy a další.

Systém GT – vrtáky s parabolickou šroubovicí

Systém GU – univerzální vrtáky

Systém Ti – kobaltové vrtáky pro velmi tvrdé oceli a jejich slitiny.

Systémy NS Spot – navrtávací vrtáky

Micro drills – speciální vrtáky velmi malých průměrů

Systém typu N – vrtáky se standardní šroubovicí

Systém typu W – vrtáky s malým stoupáním

Systém typu H – vrtáky s velkým stoupáním

Taper Shank – vrtáky se stopkou s Morse kuželem [15]



Obr. 2.8 Vrtáky z rychlořezné oceli společnosti Gühring [15]

2.3 ISCAR Ltd.

Společnost ISCAR je izraelská společnost, která vyvíjí, konstruuje, vyrábí a distribuuje velké množství nástrojů na obrábění, pro různé průmyslové odvětví. Patří k předním světovým výrobcům nástrojů. Společnost ISCAR vyrábí různé druhy nástrojů, pro soustružení, upichování, frézování, vrtání a vystružování, dále také speciální držáky na nástroje. Co se týká vrtání, tak společnost ISCAR má ve svém sortimentu mnoho nástrojů různých typů např. vrtáky s výměnnými břitovými destičkami, hlavicemi, monolitní karbidové vrtáky apod. Společnost je taky schopná vyrobit nástroj přesně na míru podle požadavků zákazníka. [16]

2.3.1 Rozdělení vrtáků

Základní rozdělení nástrojů na otvory společnosti ISCAR je na **nástroje na vrtání**, **nástroje na hluboké vrtání** a **výstružníky**. Dále se autor bude věnovat jen nástrojům na vrtání.

Nástroje na vrtání (obr. 2.9) společnosti ISCAR se dělí na:

- monolitní karbidové vrtáky,
- vrtáky s výměnnými břitovými destičkami,
- vrtáky s vyměnitelnou špičkou,
- speciální vrtací nástroje na míru,
- speciální vrtací nástroje pro různá průmyslová odvětví,
- multifunkční vrtací nástroje.

Nástroje na hluboké vrtání (obr. 2.10) společnosti ISCAR se dělí na:

- SUMOGUN,
- GUNDRILLS,
- DEEPDRILL,
- ISCARDR-DH. [16]

2.3.2 Charakteristika vrtacích nástrojů

Nástroje na vrtání

Monolitní karbidové vrtáky

Společnost ISCAR nabízí různé typy monolitních karbidových vrtáků s vnitřním chlazením i bez něj, s průměry od 3 do 20 mm v délkách 3D a 5D. Tolerance průměru je $m7$, vrcholový úhel 140° . A další monolitní karbidové speciální vrtáky i s titanovými povlaky pro vrtání do velmi tvrdých kovů. [16]

Vrtáky s výměnnými břitovými destičkami

Společnost ISCAR vyvinula řadu vrtáků s výměnnými břitovými destičkami typu DR-TWST. Používají různé typy karbidových destiček skupin P, M, K a dalších. Tyto nástroje jsou také vhodné do nestabilních podmínek obrábění, pro vrtání s průnikem více otvorů, pro vrtání do plného materiálu i do předvrtané díry. [16]

Vrtáky s vyměnitelnou špičkou

Vrtáky společnosti ISCAR s vyměnitelnou špičkou, patří k vysoce produktivním nástrojům, které šetří čas při výrobě. Špička lze snadno vyměnit i bez vyndávání nástroje upnutého v obráběcím stroji. Tyto vrtáky taky umožňují dobrý odvod třísek a vnitřní přívod řezné kapaliny. Patří mezi ně skupiny vrtáků DOVEIQDRILL, SUMOCHAM, CHAMDRILL, CHAMDRILJET. [16]

Speciální nástroje na míru

Společnost ISCAR vyvíjí a vyrábí speciální nástroje a nástrojové držáky přesně na míru podle přání a požadavků zákazníka, tak aby nástroj vyhovoval všem specifikacím a parametrům zákazníka a byl nejvhodnější pro daný obráběcí proces. [16]

Speciální vrtací nástroje pro různá průmyslová odvětví

Společnost ISCAR vyvíjí různé vrtací nástroje pro všechny možné průmyslové odvětví a při vývoji kladé důraz na flexibilitu, účinnost, životnost, snížení výrobních nákladů a především na zvýšení produktivity. Tyto nástroje nacházejí uplatnění např. v leteckém průmyslu, při obrábění těžko obrobitelných materiálů, kompozitů a podobně. [16]

Multifunkční vrtací nástroje

Při obrábění zaujímá výměna nástrojů značný čas z celkového času na obrábění. Společnost ISCAR vyvinula různé speciální nástroje, které mohou zastat více operací zaráz, například, vrtání, hrubování, srážení čela, obrábění válcové plochy, zvětšování předvrtané díry apod. Proto tyto nástroje velmi šetří čas na obrábění a zvyšují produktivitu, aniž by se zhoršila kvalita obrobených ploch. K těmto nástrojům patří skupiny nástrojů PICCOMF a DR-MF. [16]



Obr. 2.9 Vrtáky společnosti Iscar [16]

Nástroje na hluboké vrtání

SUMOGUN

Tyto speciální dělové vrtáky s výměnnými špičkami, patří nejlepším, co nabízí světový trh. Jejich konstrukce dovoluje mnohem větší rychlosti posuvu, než běžné pájené dělové vrtáky. Také nabízí různé geometrie břitů a velmi rychlé a snadné vyměnění špičky nástroje. Tyto nástroje společnosti ISCAR dosahují velmi dobrých drsností povrchu Ra 0,4 – 2,0 a velkou přesnost přímosti otvoru a házení. Všechny tyto nástroje mají vnitřní přívod řezné kapaliny. [16]

GUNDRILLS

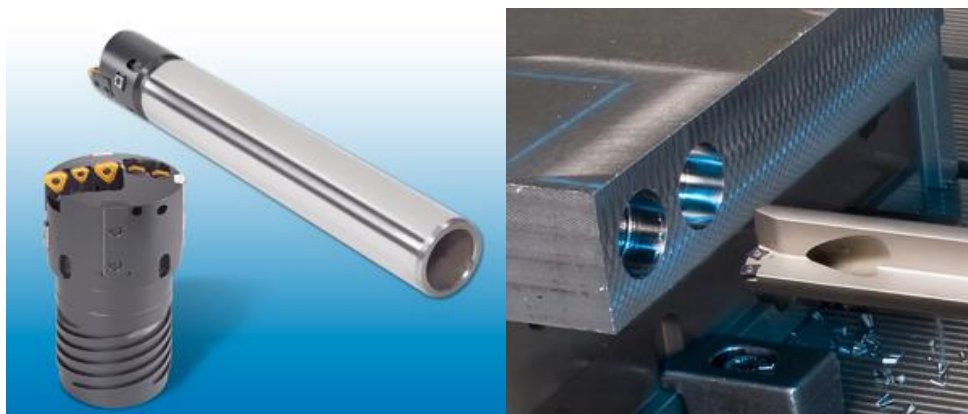
Dělové vrtáky s pájenou řeznou hlavou společnosti ISCAR jsou schopné dosáhnout přesnosti IT7 – IT9, vynikající přímosti otvoru a házení a drsnosti povrchu Ra 0,4 – 1,6. Vrtáky mají vnitřní chladicí otvory, které přivádějí chladicí kapalinu do místa řezu. [16]

DEEPDRILL

Mezi tyto vrtáky patří klasické vrtací hlavice pro STS vrtání hlubokých děr. Společnost ISCAR však vyvinula i DTS vrtací hlavice s dvojitém odvodem kapaliny z místa řezu. [16]

ISCARDR-DH

Tyt nástroje jsou speciální nástroje, které slouží pro standartní horizontální frézovací a soustružnická obráběcí centra. Dosahují vysokých parametrů přesnosti IT10 a drsnosti povrchu Ra 0,6 – 2,0. Jsou schopné vrtat do hloubek až 7D. Umožňují velikost posuvu až 0,35 mm/ot. Používají standartní břitové destičky i tlak řezné kapaliny. [16]



Obr. 2.10 Vrtáky pro hluboké vrtání společnosti Iscar [16]

2.4 WNT Tools

Německá společnost WNT je prodejní organizace zabývající se distribucí nástrojů pro třískové obrábění. Od svého založení se zaměřila na výrobu přesných nástrojů pro třískové obrábění. Od Roku 2002 společnost WNT patří ke koncernu CERATIZIT, který patří k jednomu z nejvýznamnějších výrobců karbidů a od té doby se z ní stala prodejní organizace. K produktům, které společnost WNT nabízí, patří nástroje na soustružení, frézování, vrtání, vyvrtávání, řezání závitů a upínání nástrojů i obrobků. [17]

2.4.1 Rozdělení vrtáků

Společnost WNT nabízí vrtací nástroje ve čtyřech kategoriích.

- vrtáky s nástrojové oceli,
- monolitní karbidové vrtáky,
- vrtáky s výměnnými břitovými destičkami,
- výstružníky a záhlubníky. [17]

Dále se autor věnuje jen vrtákům.

2.4.2 Charakteristika vrtacích nástrojů

Vrtáky s nástrojové oceli

Společnost WNT nabízí různá typy vrtáků z nástrojové oceli (obr. 2.11), různých průměrů (od 0,15mm), rozmanitých typů šroubovic, stoupání šroubovic a různých povlaků nástrojů a to různých délkách a jak s válcovými stopkami, tak se stopkami s Morse kuželem. Společnost WNT nabízí spirálové vrtáky, středící vrtáky, stupňovité vrtáky a navrtáky. [17]



Obr. 2.11 Vrtáky z nástrojové oceli společnosti WNT [17]

Monolitní karbidové vrtáky

K sortimentu monolitních karbidových vrtáků (obr. 2.12) společnosti WNT patří různé typy vrtáků od průměru 1 mm, tříbřité vrtáky, vrtáky s chladicími kanálky i bez nich, monolitní karbidové vrtáky i s výměnnou špičkou. Vrtáky s různými typy povlaků. K přednostem těchto vrtáků patří výborné samostředění vrtáků, vynikající souosost, dobrý odvod třísky úzké tolerance děr a vysoká kvalita obrobeneho povrchu. [17]



Obr. 2.12 Monolitní karbidové vrtáky společnosti WNT [17]

Vrtáky s výměnnými břitovými destičkami

Vrtáky s výměnnými břitovými destičkami (obr. 2.13) společnosti WNT mají velmi masivní tělo, a proto jsou vhodné i pro velké rychlosti posuvu. Obvodová i středová destička mají stejnou geometrii i velikost a mají 4 břity. Tyto nástroje mají dobrý odvod třísek a umožňují i vnitřní přívod řezné kapaliny. Široký sortiment těchto vrtáků společnosti WNT nabízí různé typy vrtáků pro vrtání do různých materiálů i například pro obrábění žáruvzdorných slitin. [17]



Obr. 2.13 Vrtáky s vyměnitelnými břitovými destičkami společnosti WNT [17]

2.5 PRAMET Tools

Česká společnost Pramet Tools se zabývá vývojem, výrobou a prodejem obráběcích nástrojů ze slinutých karbidů. Všechny produkty této společnosti jsou vyráběny v České republice. Společnost Pramet se řadí k významným světovým výrobcům nástrojů. Snaží se vyvíjet nové nástroje a je schopná vyrobit nástroje na míru, podle přání a požadavků zákazníka. Společnost Pramet nabízí různé typy nástrojů k obrábění pro soustružení, frézování a vrtání. [18]

2.5.1 Rozdělení vrtáků

Společnost Pramet nabízí tyto tři typy nástrojů:

- vrtáky s výměnnými břitovými destičkami,
- monolitní karbidové vrtáky,
- speciální nástroje. [18]

2.5.2 Charakteristika vrtacích nástrojů

Vrtáky s výměnnými břitovými destičkami

Sortiment nástrojů společnosti Pramet pro vrtání destičkovými vrtáky (obr. 2.14) nabízí nástroje v širokém rozsahu průměrů pro hloubky vrtání 2D až 5D. Vrtáky je možné použít jako rotační i jako stacionární nástroj. Vrtáky jsou jednobřité a mohou pracovat i mimo osu.

Každá čtvercová vrtací destička nabízí 4 řezné hrany. Jejich plná využitelnost je dosažena rozdílnou geometrií i materiálem vnitřní a vnější destičky. Vnitřní destička, která musí vrtat při nulových řezných rychlostech ve středu vrtáku. Oproti tomu vnější destička je otěruvzdorná a umožňuje tak zvýšit řeznou rychlost na obvodu vrtáku na hodnoty až dvojnásobné oproti monolitním vrtákům. Správnou volbou materiálu obvodové destičky je tak možné zajistit vysokou produktivitu a životnost vrtáku. [18]



Obr. 2.14 Vrtáky s vyměnitelnými břitovými destičkami společnosti PRAMET [18]

Monolitní karbidové vrtáky

Standardní sortiment monolitních vrtáků (obr. 2.15) pokrývá všechny základní oblasti vrtání. Kromě obvyklých nástrojů jsou v nabídce i stupňovité vrtáky pod závity, které vyvrtají otvor včetně sražení hrany. Pro srážení ostatních hran je na výběr sada srážeců s různými úhly špičky. Společnost Pramet nabízí různé typy vrtáků s vnitřním chlazením i bez něj. Tyto nástroje dosahují velmi vysokých přesností a drsností obrobených ploch. [18]



Obr. 2.15 Monolitní karbidové vrtáky společnosti PRAMET [18]

Speciální nástroje

Společnost Pramet, je schopná vyrobit nástroje podle požadavků zákazníka (obr. 2.16) přesně podle toho jak si to žádá technologie obrábění s ohledem na vysokou kvalitu nástroje i obrobených ploch. Pro obrábění složitých aplikací a k zrychlení obráběcích cyklů. [18]



Obr. 2.16 Ukázka speciální nástrojů společnosti PRAMET [18]

2.6 STIM ZET

Výrobní divize společnosti M&V s. r. o. se sídlem ve Vsetíně je český výrobce řezných nástrojů na otvory značky Stim Zet. Společnost se zabývá výrobou vrtáků, výhrubníků, výstružníků, záhlubníků a dalších řezných nástrojů. Kromě standardních nástrojů z rychlořezné oceli nabízí výrobu dle speciálních požadavků zákazníka a poskytuje uživatelům servis technického poradenství. Svým zákazníkům nabízí také další služby, jakými jsou svařování třením, kalení rychlořezné oceli v solných lázních, přebrusy, ostření, pasivace, nízkoteplotní oxidace a povlakování. [8]

2.6.1 Rozdělení vrtáků

Sortiment nástrojů společnosti Stim Zet se dělí na více kategorií. Vrtáky se dělí na tři základní skupiny:

- vrtáky s válcovou stopkou,
- vrtáky s kuželovou stopkou,
- speciální typy vrtáků. [8]

K sortimentu společnosti Stim Zet patří i různé typy výhrubníků, výstružníků, záhlubníků a upínacího nářadí. [8]

2.6.2 Charakteristika vrtacích nástrojů

Vrtáky s válcovou stopkou

Vrtáky s válcovou stopkou (obr. 2.17) společnosti Stim Zet mohou mít různé typy povlaků a dále se dělí na:

- krátké vrtáky (3D),
- střední vrtáky (5D),
- dlouhé vrtáky (10D),

- tvrdokovové vrtáky,
- stupňovité vrtáky,
- středící vrtáky a navrtávačky,
- levé vrtáky. [8]



Obr. 2.17 Vrtáky s válcovou stopkou společnosti STM ZET [8]

Vrtáky s kuželovou stopkou

Vrtáky s kuželovou stopkou (obr. 2.18) se dále dělí na:

- krátké vrtáky,
- dlouhé vrtáky,
- stupňovité vrtáky,
- speciální vrtáky (z SK plátkem). [8]



Obr. 2.18 Vrtáky s kuželovou stopkou společnosti STM ZET [8]

Speciální typy vrtáků

Mezi speciální vrtáky společnosti Stim Zet patří: vrtáky na bodové svary (obr. 2.19), oboustranné vrtáky, stupňovité vrtáky, kuželové vrtáky, tvářecí vrtáky do plechu, vytahovače šroubů, vrtáky do dřeva, frézovací vrtáky a jiné. [8]



Obr. 2.19 Speciální vrták na bodové svary společnosti STM ZET [8]

2.7 Další výrobci a distributoři vrtacích nástrojů

Výrobou a vývojem nástrojů na vrtání se věnuje mnoho společností jak českých, tak zahraničních. K dalším známým výrobcům nástrojů patří například SECO Tools, MITSUBISHI Materials, WALTER Tools, BOTEK, ARNO Werkzeuge, NÁSTROJE CZ a další.

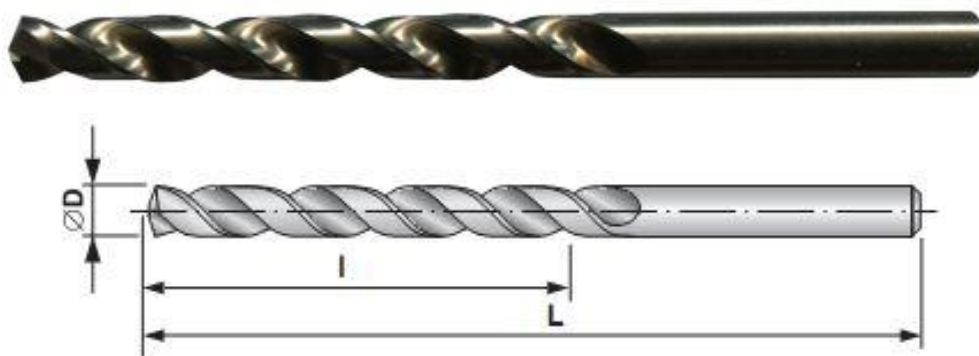
3 VÝBĚR NÁSTROJŮ

V této kapitole se budu věnovat konkrétním třem vybraným nástrojům, každý jiného typu a od jiného výrobce.

3.1 Vrták s válcovou stopkou pro těžko obrobitelné materiály společnosti Stim Zet

Kobaltové vrtáky DIN 338 Ti HSSCo 5 (obr. 3.1) jsou stabilní víceúčelové výkonné vrtáky s vysokou tepelnou odolností. Společnost Stimzet je vyrábí z legované rychlořezné oceli s 5 % kobaltu. Vrtáky jsou kaleny na 64 – 68 HRC. Silnější jádro vrtáku (než bývá běžné) má za následek vyšší tuhost nástroje.

Jsou zvláště vhodné pro vrtání na soustružnických automatech a NC strojích. Dobře odvádějí střední a dlouhou třísku v materiálech do 1200 N / mm². Výrobce je Doporučuje na vrtání do mědi, hliníku a jejich slitin, bronzu, nitrdačních zušlechtěných ocelí, titanu a titanových slitin, automatových ocelí, konstrukčních ocelí, nerezových ocelí atd. [8]



Obr. 3.1 Vrták s válcovou stopkou PN 2907 Ti - DIN 338 RTi [8]

Označení: PN 2907 Ti - DIN 338 RTi, HSS Co, Cobalt 5%

Rozměrová řada: Ø 3,00 ÷ 20,00 mm

Hloubka vrtání: 5 x D

Způsob výroby: vybrušování

Úhel stoupání šroubovice: $\lambda = 35^\circ$

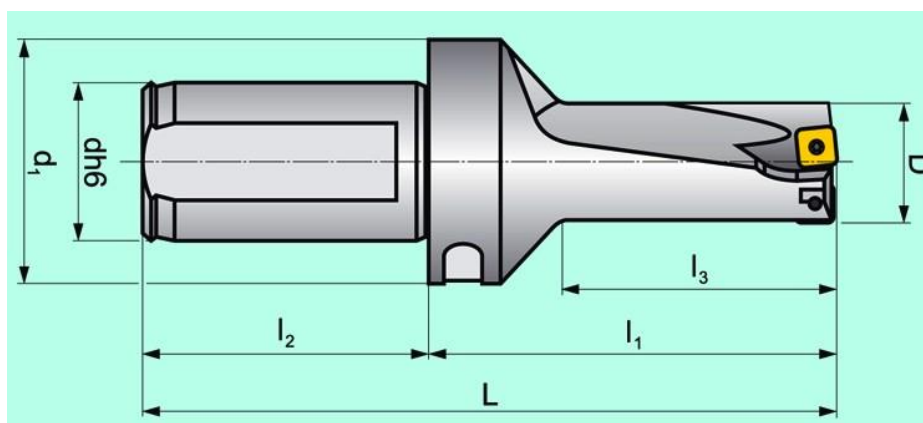
Úhel špičky: $\varepsilon = 128^\circ$

Povrchová úprava: kovově čistý nebo bronzoxid [8]

Ukázka katalogového listu je v příloze č.1

3.2 Vrták s vyměnitelnými břitovými destičkami společnosti Pramet

Tento vrták s vyměnitelnými břitovými destičkami (obr. 3.2) má dvě břitové destičky, jednu vnitřní a jednu vnější. Lze použít různé typy destiček různých druhů složení slinutých karbidů pro daný typ obráběného materiálu. [18]



Obr. 3.2 Vrták s vyměnitelnými břitovými destičkami 802D[18]

Označení: 802D

Tolerance vrtáku: $\pm 0,05$

Stupeň přesnosti díry: 0/+0,2

Drsnost povrchu: Ra 2 – 6 μm

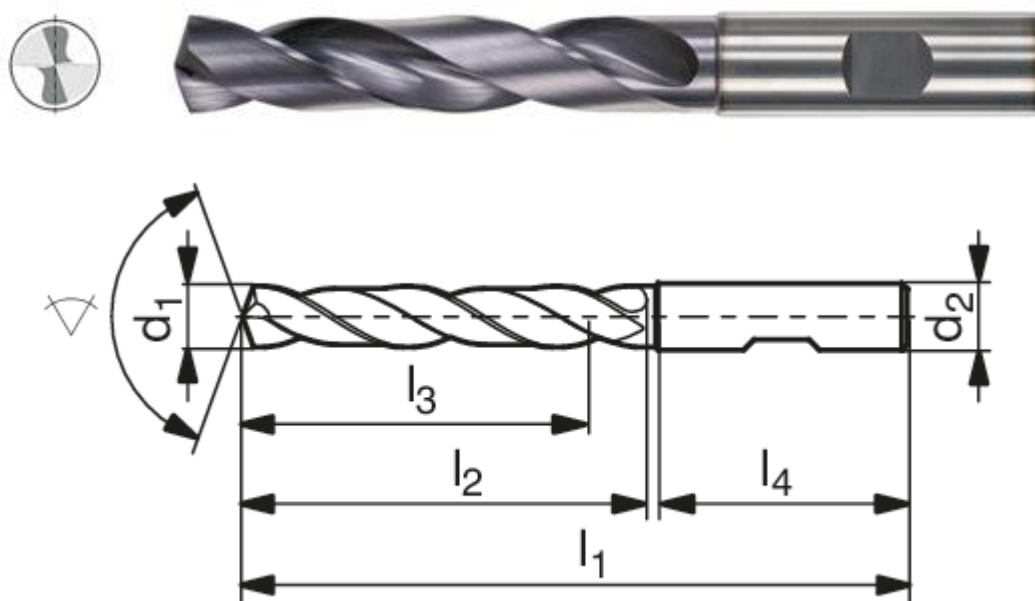
Rozsah průměrů: $\varnothing 15,00 \div 40,00 \text{ mm}$

Přibližná délka: 2 x D [18]

Ukázka katalogového listu je v příloze č.2

3.3 Monolitní karbidový vrták WPC-UNI společnosti WNT

Tento monolitní karbidový vrták (obr. 3.3), nemá vnitřní chladicí kanálky. Výrobce udává, že je vhodný k obrábění oceli a litiny. Má válcovou stopku, která je vyráběná ve dvou variantách DIN 6535 HA a DIN 6535 HB (s výbrusem) [17]



Obr. 3.3 Monolitní karbidový vrták WPC-UNI 11607[19]

Označení: WPC, DIN6537

Úhle špičky: $\varepsilon = 140^\circ$

Tolerance vrtáku: h6

Rozsah průměrů: $\varnothing 3,00 \div 20,00$ mm

Přibližná délka: $5 \times D$

Vhodnost použití: Ocel a litina [17]

Ukázka katalogového listu je v příloze č.3

4 UKÁZKA TECHNOLOGIE VRTÁNÍ

Tato kapitola pojednává o technologickém experimentu vrtání.

4.1 Výběr nástrojů pro experiment

Pro ukázkou technologie vrtání autor vybral tři vrtáky, každý od jiného výrobce a každý jiného typu. Jedná se o stejné typy nástrojů, jak popisoval autor práce v předchozí kapitole. Vrtáky jsou všechny stejných průměrů. Průměr nástrojů je 18mm. Jedná se tedy o tyto nástroje (obr. 4.1):

- Stim Zet – PN 2907 Ti – 18
- Pramet – 802D – 18, KT113
- WNT – WPC-UNI – 11607 - 180



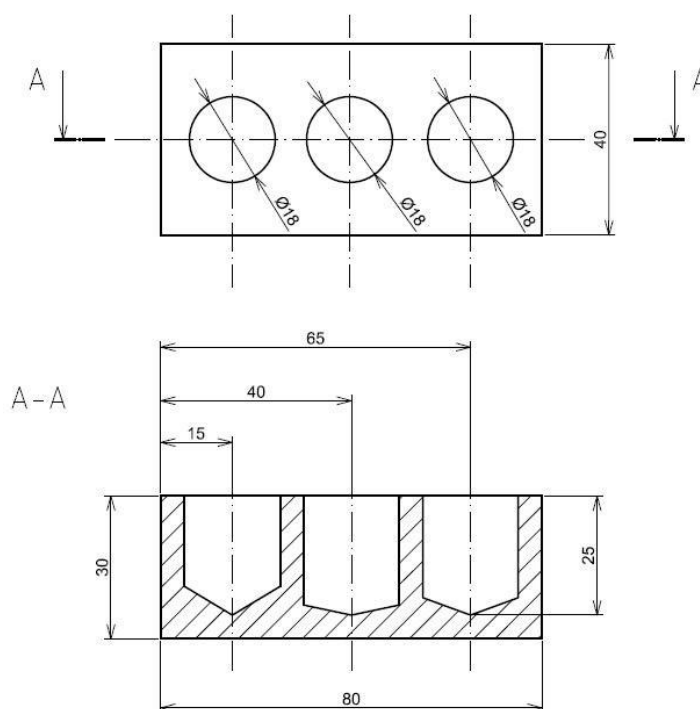
Obr. 4.1 Vybrané nástroje pro ukázkou technologie vrtání

4.2 Výroba

Vybranými nástroji autor provedl ukázkou technologie vrtání do oceli 11 500. Všechny rozměry výrobku znázorňuje obr. 4.2. Byly vyvrtány tři neprůchozí otvory stejných průměrů (\varnothing 18mm) a do stejné hloubky (25mm). Otvor č. 1 byl vrtán šroubovitým vrtákem RO oceli, otvor č. 2 byl vrtán vrtákem s vyměnitelnými břitovými destičkami a otvor č. 3 byl vrtán monolitním karbidovým vrtákem. Hodnoty otáček a posuvu zvolených pro dané nástroje znázorňuje tabulka tab. 4.1. Z důvodu, že každý nástroj potřebuje svoje specifické otáčky a rychlost posuvu, byly pro každý nástroj zvolené vhodné optimální hodnoty.

Tab 4.1 Hodnoty otáček a posuvu

Typ vrtáku	Otáčky n (min^{-1})	Posuv (mm)
PN 2907 Ti – 18	300	60
802D – 18	1500	100
WPC-UNI – 11607 - 180	800	80



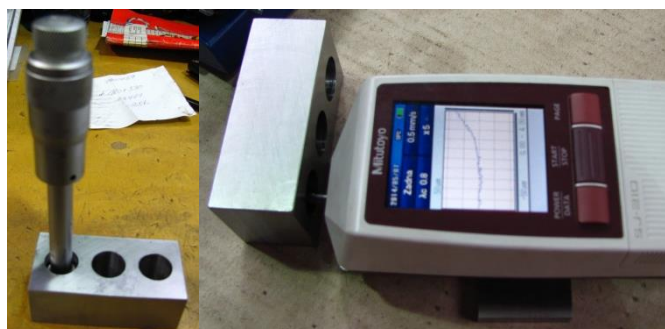
Obr. 4.2 Návrh rozměrů pro experiment

4.3 Změření rozměrů

Po zhotovení všech třech otvorů byla provedena kontrola velikosti průměrů tříbodovým mikrometrem a změřena drsnost povrchu obrobenej vřlcov6 plochy přenosným měřidlem drsnosti. Naměřené hodnoty zobrazuje tabulka tab. 4.2.

Tab. 4.2 Velikosti průměrů a střední aritmetická úchylka Ra

Typ vrtáku	Průměr (mm)	Ra (μm)
PN 2907 Ti – 18	17,99	3,2
802D – 18	18,005	1,8
WPC-UNI – 11607 - 180	18,005	1,2



Obr. 4.3 Měření otvorů

5 DISKUZE

Bakalářská práce se zabývá technologií vrtání. Vrtání patří k náročným obráběcím procesům, protože při obrábění není vidět do místa, kde nástroj ubírá třísku, jak je tomu například u soustružení nebo frézování. Další důležitou roli při vrtání hraje odvod třísek z místa řezu. Tímto vším se zabývají výrobci nástrojů, kteří navrhují, konstruují, vyrábí a distribuují různé typy nástrojů na vrtání, aby vyhovovaly všem požadavkům na přesnost vrtaného otvoru, výdrž nástroje a vysokou kvalitu obrobené plochy. Dalším faktorem je taky potřebný čas na vyhotovení daného otvoru, který hraje významnou roli v konečné ceně hotového výrobku. Proto výrobci nástrojů nabízí velké množství nástrojů, tak aby si zákazník mohl vybrat takový nástroj, který mu bude nejvíce vyhovovat. Sortiment vrtáků a vrtacích nástrojů je opravdu velmi rozmanitý. Mnozí výrobci nástrojů navrhují a vyrábí speciální nástroje podle přání zákazníka, nebo vyvíjí nové nástroje, které slouží například jako univerzální nástroje pro vrtání i soustružení.

V malosériových výrobních podnicích se nejvíce využívají šroubovitě vrtáky z rychlořezné oceli. Větší strojírenské firmy používají často i vrtáky s vyměnitelnými břitovými destičkami, monolitní karbidové vrtáky, vrtáky s výměnnou špičkou či vrtací hlavice. Z poznatků autora bakalářské práce vyplývá, že vhodnými nástroji pro vrtání děr jsou vrtáky s vyměnitelnými břitovými destičkami, protože s nimi je možné obrábět vysokou řeznou rychlostí a s velkým posuvem. Při otupení tohoto vrtáku je také velmi snadné a rychlé jeho vyměnění a to za nové vyměnitelné břitové destičky. To lze často provést bez nutnosti odepnutí nástroje z obráběcího stroje. Tyto nástroje tedy nachází dobré uplatnění v oblasti obrábění na CNC strojích.

Technologický experiment vrtání byl proveden ve spolupráci se strojírenskou firmou SANBORN a.s.

Společnost SANBORN nabízí široký sortiment strojního opracování a to jak na klasických strojích, tak na NC a CNC obráběcích centrech. Dále se zabývá montážní a servisní činností v oblasti oprav turbosoustrojí a jejich příslušenství. Tým odborníků z řad dělníků a techniků spolu s vysoce kvalitními technologiemi zaručuje uspokojení všech potřeb svých zákazníků. [20]

Mezi hlavní činnosti společnosti SANBORN patří zejména:

- opravy vodních, plynových a parních turbosoustrojí, včetně přelopatkování.
- servisní a montážní práce,
- výroba speciálního spojovacího materiálu (svorníky, matice, šrouby) pro mechanicky i chemicky namáhané spoje jako jsou zařízení v teplárnách, elektrárnách, chemických provozech a podobně,
- renovace kluzných kompozicových ložisek statickým i odstředivým litím,
- výroba kluzných kompozicových ložisek a axiálních kamenů,
- výroba strojních dílů a částí včetně práce ve mzdě,
- obrábění velkých rotačních dílů na karuselech,
- výroba ultrafiltračních zařízení a odstředivek pro ekologické provozy,
- výroba svařenců. [20]

V dnešní době je také velmi důležitá ekologie a recyklace všech materiálů. Proto všechny strojírenské firmy třídí a skladují obrobený materiál i zničené a nepoužitelné nástroje. Výkupem těchto materiálů se zabývá mnoho společností. Například firma Pramet vykupuje slinuté karbidy, které dále recykluje a znovu používá pro výrobu vyměnitelných břitových destiček a dalších karbidových nástrojů.

ZÁVĚR

V této bakalářské práci je popsána technologie vrtacího procesu spolu s rozdělením nástrojů podle různých kritérií s popisem daného typu vrtáku.

Jsou zde představeny čtyři zahraniční firmy a dvě české firmy, které vyrábí a distribují nástroje na vrtání. U každé z firem je popsáno, do jakých kategorií vrtací nástroje dělí a jaké nástroje nabízí. Vše je doplněno vhodnými obrázky nástrojů pro přehlednost.

V další části jsou vybrány tři nástroje různé konstrukce a z různých materiálů. Je zde uveden jejich detailnější popis. V následující kapitole je s těmito nástroji, které mají stejný průměr 18 mm, proveden technologický experiment vrtání do ocelového kvádru. Pro každý nástroj byly zvoleny vhodné pracovní podmínky tj. otáčky a posuv tak, aby nedošlo ke zničení nástroje. Pro vrtání otvoru č. 1 byl zvolen šroubovitý vrták z rychlořezné oceli a parametry obrábění byly $n = 300 \text{ min}^{-1}$ a $f = 60 \text{ mm}$. Přesnost tohoto otvoru byla nejmenší a aritmetická úchylka profilu R_a byla $3,2 \text{ } \mu\text{m}$. Druhý otvor byl vrtán vrtákem s vyměnitelnými břitovými destičkami s $n = 1500 \text{ min}^{-1}$ a $f = 100 \text{ mm}$. Průměr otvoru byl přesný a dosahoval hodnot $R_a 1,8 \text{ } \mu\text{m}$. Třetí otvor byl vrtán monolitním karbidovým vrtákem s parametry obrábění $n = 800 \text{ min}^{-1}$ a $f = 80 \text{ mm}$. Průměr byl stejně přesný jako u předchozího vrtáku, ale hodnota R_a byla ještě lepší a to $1,2 \text{ } \mu\text{m}$.

Pro výrobu otvorů je tedy vhodné používat vrtáky s vyměnitelnými břitovými destičkami, protože dosahují dobrých parametrů obrábění a velkých přesností. Další výhodou je snadná výměna otupeného břitu a to i přímo na obráběcím stroji. Tyto nástroje proto nachází uplatnění v produktivní výrobě na obráběcích centrech, zejména CNC a NC.

Důležitým poznatkem, který lze vidět na samotném vzorku je, že technolog při zadávání hloubky otvoru musí brát v úvahu, jakým vrtákem se otvor bude vyrábět, aby zůstal v otvoru například dostatečný prostor na výběh závitu, a proto musí správně vybrat jak nástroj, tak i dobře zvolit vrtanou hloubku otvoru u neprůchozích děr.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. KOCMAN, Karel a Jaroslav PROKOP. *Technologie obrábění. 1. vyd.* Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2001. 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
2. ŘASA, Jaroslav a Vladimír GABRIEL. *Strojírenská technologie 3 – 1. díl.* 1. vyd. Praha: Scientia, 2000, 256 s. ISBN 80-7183-207-3.
3. AB SANDVIK COROMANT - SANDVIK CZ s.r.o. *Příručka obrábění: kniha pro praktiky.* 1. české vyd. Překlad Miroslav Kudela. Praha: Scientia, c1997. 857 s. ISBN 91-972299-4-6
4. HUMAR, Antonín. *Technologie I - Technologie obrábění - 2. část.* Studijní opory pro magisterskou formu studia. VUT-FSI v Brně, Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie obrábění. 2004. 94 stran. [online]. [vid. 2014-03-25]. Dostupné z: http://drogo.fme.vutbr.cz/opory/pdf/ust/TI_TO-2.cast.pdf
5. FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. *Teorie obrábění, tváření a nástroje.* Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9.
6. M&V: *Nástroje na obrábění otvorů.* [online]. [vid. 2011-04-12]. Dostupné z: <http://katalog.mav.cz/categories.php?rozbal=3459>
7. ZEMČÍK, Oskar. *Nástroje a přípravky pro obrábění.* Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2003. 193 s. Učební texty vysokých škol (Vysoké učení technické v Brně). ISBN 80-214-2336-6.
8. STIMZET: *Nástroje na obrábění otvorů.* [online]. [vid. 2014-04-12]. Dostupné z: <http://www.stimzet.cz/>
9. VRTÁNÍ, VYHRUBOVÁNÍ, VYSTRUŽOVÁNÍ A ZAHLUBOVÁNÍ. [online]. [vid. 2014-04-12]. Dostupné z: <http://www.elitalycea.wz.cz/files/tep/tep22.pdf>
10. ARNO WERKZEUGE: *Obráběcí nástroje.* [online]. [vid. 2014-04-12]. Dostupné z: <http://www.arno.de/home.html>
11. MMSPEKTRUM: *Průmyslové spektrum.* [online]. [vid. 2014-04-12]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com>
12. SANDVIK AB: *Facts in brief.* [online]. [vid. 2014-04-20]. Dostupné z: <http://www.sandvik.coromant.com/>
13. WINTER SERVIS: *Hluboké vrtání Botek.* [online]. [vid. 2014-04-20]. Dostupné z: <http://www.winter-servis.cz/index.php?page=botek/index>
14. GÜHRING: *Řezné nástroje a nástrojové systémy.* [online]. [vid. 2014-05-17]. Dostupné z: <http://www.guhring.cz/>
15. GÜHRING: *Řezné nástroje a nástrojové systémy.* [online]. [vid. 2014-05-17]. Dostupné z: <http://www.guhring.com/>
16. ISCAR: *Nástroje pro obrábění kovů* [online]. 2012 [vid. 2014-05-17]. Dostupné z: <http://www.iscar.cz/>
17. WNT: *Nástroje pro třískové obrábění* [online]. 2013 [vid. 2014-05-25]. Dostupné z: <http://www.wnt.de/cs-cs/index.htm>

18. PRAMET Tools: *Obráběcí nástroje* [online]. 2014 [vid. 2014-05-25]. Dostupné z: <http://www.pramet.com/cz.html>
19. TOOLINGCENTER WNT: *Nástrojové centrum* [online]. 2014 [vid. 2014-05-26]. Dostupné z: <http://www.toolingcenter.com>
20. SANBORN: *Strojírenská firma* [online]. 2011 [vid. 2014-05-26]. Dostupné z: <http://www.sanborn.cz/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Jednotka	Popis
CNC	[-]	Computer numeric control (počítačem řízené stroje)
DIN	[-]	Německá technická norma
HSS	[-]	Rychlořezná ocel
ISO	[-]	Mezinárodní organizace pro normalizaci
NC	[-]	Numeric control (číslicově řízené)
RO	[-]	Rychlořezná ocel
SK	[-]	Slinutý karbid

Symbol	Jednotka	Popis
A_D	[mm ²]	Jmenovitý průřez třísky
C_{Fc}, C_{Ff}	[-]	Konstanty vyjadřující vliv obráběného materiálu
F_c	[N]	Řezná síla
F_f	[N]	Posuvová síla
F_p	[N]	Pasivní síla
M_k	[Nmm]	Krouticí moment k ose nástroje
P_c	[kW]	Řezný výkon
a_p	[mm]	Šířka záběru ostří
b_D	[mm]	Jmenovitá šířka třísky
b_a	[mm]	Šířka fazetky
f	[mm]	Posuv
f_z	[mm]	Posuv na zub
h_D	[mm]	Jmenovitá tloušťka třísky
l	[mm]	Délka vrtané díry
l_n	[mm]	Délka náběhu nástroje
l_p	[mm]	Délka přeběhu nástroje
n	[min ⁻¹]	Otáčky nástroje (případně obrobku)
r_n	[μm]	Poloměr zaoblení ostří
t_{AS}	[min]	Jednotkový strojní čas

v_c	$[m.min^{-1}]$	Řezná rychlost
v_e	$[m.min^{-1}]$	Rychlost řezného pohybu
v_f	$[mm.min^{-1}]$	Posuvová rychlost
x_{Fc}, x_{Ff}	$[-]$	Exponenty vyjadřující vliv průměru nástroje
y_{Fc}, y_{Ff}	$[-]$	Exponenty vyjadřující vliv posunu na otáčku
z	$[-]$	Počet zubů
α_0	$[^\circ]$	Úhel hřbetu
γ_0	$[^\circ]$	Ortogonální úhel čela
η	$[^\circ]$	Úhel řezného pohybu
κ_r	$[^\circ]$	Úhel nastavení hlavního ostří
φ	$[^\circ]$	Úhel posuvového pohybu
ω	$[^\circ]$	Úhel stoupání šroubovice

SEZNAM PŘÍLOH


Příloha 1	Ukázka katalogového listu společnosti Stim Zet
Příloha 2	Ukázka katalogového listu společnosti Pramet
Příloha 3	Ukázka katalogového listu společnosti WNT

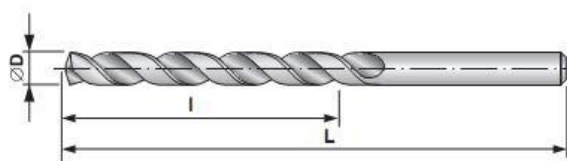
PŘÍLOHA 1

Ukázka katalogového listu společnosti Stim Zet



PN 2907 Ti - DIN 338 RTi

PN 2907 Ti	VRTÁKY S VÁLCOVOU STOPKOU PRO TĚŽKO OBROBITELNÉ MATERIÁLY	HSS Co Cobalt 5%
DIN 338 RTi		
Použití: Kobaltové vrtáky DIN 338 Ti HSSCo 5 jsou stabilní víceúčelové výkonné vrtáky s vysokou tepelnou odolností. Vyrábíme je z legované rychlořezné oceli s 5 % kobaltu. Vrtáky jsou kaleny na 64 – 68 HRC. Silnější jádro vrtáku (než bývá běžné) má za následek vyšší tuhost nástroje.		
Jsou zvlášť vhodné pro vrtání na soustružnických automatech a NC strojích. Dobře odvádějí střední a dlouhou třísku v materiálech do 1200 N / mm 2. Doporučujeme je na vrtání do mědi, hliníku a jejich slitin, bronzu, nitridačních zušlechtěných ocelí, titanu a titanových slitin, automatových ocelí, konstrukčních ocelí, nerezových ocelí atd.		
Rozměrová řada: Ø 3,00 ÷ 20,0 mm		
Hloubka vrtání: 5 x D	λ = 35°	ε = 128°
Způsob výroby: V	Povrchová úprava:  nebo 	Způsob ostření: Form C



Objednací číslo	$\varnothing D$ mm	L mm	l mm	Hmotnost kg/ks	Objednací číslo	$\varnothing D$ mm	L mm	l mm	Hmotnost kg/ks
A270300W400S	3,0	61	33	0,003	A271100W400S	11,0	142	94	0,065
A270320W400S	3,2	65	36	0,003	A271150W400S	11,5	142	94	0,071
A270350W400S	3,5	70	39	0,004	A271200W400S	12,0	151	101	0,081
A270400W400S	4,0	75	43	0,005	A271250W400S	12,5	151	101	0,092
A270420W400S	4,2	75	43	0,006	A271300W400S	13,0	151	101	0,102
A270450W400S	4,5	80	47	0,007	A271350W400S	13,5	160	108	0,114
A270500W400S	5,0	86	52	0,009	A271400W400S	14,0	160	108	0,123
A270510W400S	5,1	86	52	0,009	A271450W400S	14,5	169	114	0,123
A270550W400S	5,5	93	57	0,012	A271500W400S	15,0	169	114	0,140
A270600W400S	6,0	93	57	0,016	A271550W400S	15,5	178	120	0,177
A270650W400S	6,5	101	63	0,019	A271600W400S	16,0	178	120	0,177
A270700W400S	7,0	109	69	0,023	A271650W400S	16,5	184	125	0,200
A270750W400S	7,5	109	69	0,028	A271700W400S	17,0	184	125	0,200
A270800W400S	8,0	117	75	0,033	A271750W400S	17,5	191	130	0,220
A270850W400S	8,5	117	75	0,037	A271800W400S	18,0	191	130	0,220
A270900W400S	9,0	125	81	0,045	A271850W400S	18,5	198	135	0,252
A270950W400S	9,5	125	81	0,051	A271900W400S	19,0	198	135	0,252
A271000W400S	10,0	133	87	0,057	A271950W400S	19,5	205	140	0,285
A271050W400S	10,5	133	87	0,061	A272000W400S	20,0	205	140	0,285

PŘÍLOHA 2

Ukázka katalogového listu společnosti Pramet

TYP 802D

Viz strana 51–52 / Pozri stranu 51–52

**DEŠTIČKOVÉ VRTÁKY
VRTÁKY S DOŠTIČKAMI**

Jiné rozměry do požadku zákazník / Iné rozmery sú dostupné na požiadanie

● Doporučené použití / Odporúčané použitie
● Možné použití (více str. 58) / Možné použitie (viac na str. 58)
○ Nedoporučuje se / Neodporúča sa

D	h	Označení vrtáku Označenie vrtáka	Sodiment / Sodiment	Rozměry / Rozmery [mm]						Sřetřová desička Sřetřová dosička XPET	Ořetřová desička Ořetřová dosička SCET	Radiální nastavení Radiálne nastavenie	
				L	L ₁	L ₂	L ₃	dh6	d ₁			-	+
15	30	802D-15	●	121	65	56	34,5	25	45	0502AP	0502..	0,30	0,30
16	32	802D-16	●	123	67	56	37	25	45	0502AP	0502..	0,15	0,40
17	34	802D-17	●	125	69	56	39,5	25	45	0502AP	0502..	0,15	0,50
18	36	802D-18	●	127	71	56	42	25	45	0602AP	0502..	0,35	0,20
19	38	802D-19	●	129	73	56	44,5	25	45	0602AP	0602..	0,30	0,35
20	40	802D-20	●	131	75	56	47	25	45	0602AP	0602..	0,20	0,50
21	42	802D-21	●	133	77	56	49,5	25	45	0602AP	0602..	0,10	0,50
22	44	802D-22	●	135	79	56	52	25	45	0703AP	0602..	0,50	0,40
23	46	802D-23	●	137	81	56	54,5	25	45	0703AP	0703..	0,50	0,50
24	48	802D-24	●	139	83	56	57	25	45	0703AP	0703..	0,50	0,50
25	50	802D-25	●	145	85	60	57	32	50	0703AP	0703..	0,30	0,50
26	52	802D-26	●	147	87	60	59,5	32	50	0703AP	0703..	0,10	0,50
27	54	802D-27	●	149	89	60	62	32	50	0903AP	0703..	0,50	0,20
28	56	802D-28	●	151	91	60	64,5	32	50	0903AP	09T3..	0,50	0,35
29	58	802D-29	●	153	93	60	67	32	50	0903AP	09T3..	0,50	0,50
30	60	802D-30	●	155	95	60	69,5	32	50	0903AP	09T3..	0,35	0,50
32	64	802D-32	●	167	99	68	70	40	59	0903AP	09T3..	0,15	0,50
32	64	802D-32-S32	●	159	99	60	70	32	59	0903AP	09T3..	0,15	0,50
34	68	802D-34	●	171	103	68	75	40	59	11T3AP	09T3..	0,50	0,50
34	68	802D-34-S32	●	163	103	60	75	32	59	11T3AP	09T3..	0,50	0,50
36	72	802D-36	●	173	105	68	77,5	40	59	11T3AP	1204..	0,10	0,50
36	72	802D-36-S32	●	167	107	60	80	32	59	11T3AP	1204..	0,10	0,50
38	76	802D-38-S32	●	179	111	68	85	40	59	11T3AP	1204..	0,15	0,50
38	76	802D-38-S32	●	171	111	60	85	32	59	11T3AP	1204..	0,15	0,50

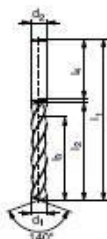
■ - Hlavní oblast použití / hlavní oblast používania
□ - podmíňné použití / podmíňné používania

Ukázka katalogového listu společnosti WNT



TK vrtáky

Vysoce výkonný vrták WPC, DIN 6537, dlouhý, bez chladičích kanálků



$\angle 140^\circ$
TK

TV

[illegible]